2017
saja aljumaily

رحلة التفوق في السادس

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي
الفرع التطبيقي

الاستاذ : مهند السوداني

الفصل الاول

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص) : ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

1-1 الثرموداينمك

علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل أكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى أنواع أخرى من الطاقات مثل تحويل الطاقة الحرارية الى الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات.

س / ما هي الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك؟☐

١ـ سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.

٢ـ التنبؤ بحدوث التغييرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت شروط معينة.

٣ـ حدوث بعض التفاعلات التلقائية وغير التلقائية عند نفس الظروف.

٤ـ سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

ملاحظة / لا يهتم علم الثرموداينمك بعامل الزمن الذي يستغرقه التفاعل فهو ينبئ فقط أمكانية حدوث التفاعل من عدمه.

أنـــــواع الطاقـــــة.☐

١ـ **الطاقة الكامنة** : *هي التي تشمل جميع الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود.*

٢ـ **الطاقة الحركية** : *هي التي تشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات والطائرات.*

للتوضيح : تتحول الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم تحريك الماء من اعلى الشلال إلى أسفله لأن الطاقة الناتجة وهي الحركية يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية. *وعليه تم استنتاج القانون الاول*

(القانون الاول في علم الثرموداينمك) ☐

((الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى أخر))

1–2 وحدات الطاقة ودرجات الحرارة.☐

وحدة الجول : هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز لها (J) ويعبر عنه كالآتي

حيث Kg وحدة الكيلوغرام m وحدة المتر S وحدة الثانية

$$1\,J = 1\,Kg\,.\,m^2/s^2$$

الطاقة الحركية (KE) : هي حاصل ضرب نصف الكتلة (Kg) في مربع السرعة {V (m/s)}

$$KE = 1/2\ m.\ V^2$$

مثال/ اذا تحرك جسم كتلته 4Kg مسافة متر واحد خلال ثانية واحدة فما هي مقدار الطاقة الحركية؟

الجواب/

$$KE = \frac{1}{2}\,m.\,V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 4Kg \times (1m/1s)^2 = 2\,(kg.m^2/s^2) = 2\,J$$

درجة حرارة الكلفن : هي درجة الحرارة بوحدات الكلفن (K) ويرمز لها بالحرف T وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الثرموداينمك ويتم حسابها من درجة الحرارة السيليزية باستخدام العلاقة التالية

$$T\,(K) = t_{(C^\circ)} + 273$$

3-1 بعض المصطلحات الثرموداينمكية

١- **النظـــــــــام** : هو عبارة عن جزء معين من الكون يتكون من المادة او المـواد المشـتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية او تخيلية.

٢- **المحيط** : كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغييرات الفيزيائية او الكيميائية.

٣- **المجموعـــــــة(الكون)** : هي النظام + المحيط .

٤- **النظام المفتوح** : هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثل أناء معدني مفتوح يحتوي ماء مغلي.

٥- **النظام المـغلق** : هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسـمح بتبـادل الطاقـة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل إناء معدني مغلق يحتوي ماء مغلي.

٦- **النظام المعزول** : هو النظام الذي لا تسمح حدوده بتبادل الطاقة ولا المادة مثل الثرموس.

٧- **خواص النظــام** : هي المتغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن ملاحظتها أو قياسها مثل عدد مولات المادة أو المواد الموجودة في النظام أو الحالة الفيزيائية مثل الحجم والضغط و الحرارة.

4-1 الحرارة Heat

هي احد أشكال الطاقة الشائعة في حياتنا اليومية ويرمز لها (q) وهي تمثل انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة .

درجة الحرارة : هي مقياس الطاقة الحرارية .

- تتناسب الحرارة المفقودة او المكتسبة لجسم ما طرديا مع التغيير في درجات الحرارة ويرمز للتغير بالرمز (Δ) الذي يوضع قبل رمز الدالة المتغيرة وبالشكل الاتي

$$\Delta T = T_f - T_i$$

حيث T_f درجة الحرارة النهائية و T_i درجة الحرارة الابتدائية .

لذا التناسب بين الحرارة (q) والتغيير في درجة الحرارة يمكن كتابته على الصورة التالية

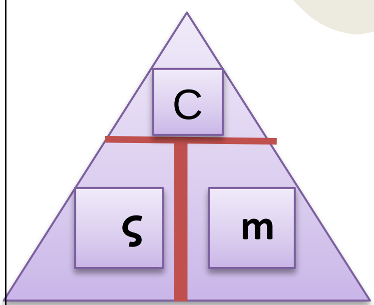
$$(q) \propto \Delta T \quad \text{------------------1}$$

ويحول التناسب الى مساواة بضرب Δ T بثابت تناسب يدعى السعة الحرارية C

$$(q) = °C . \Delta T \quad \text{------------------2}$$

وترتبط السعة الحرارية (C) مع الحرارة النوعية (ς) بالعلاقة التالية

$$°C = ς \times m \quad \text{------------------3}$$



وبتعويض معادلة 2 في معادلة 3 نحصل على العلاقة التالية

$$q(J) = ς (J/g.°C) \times m(g) \times \Delta T (C)$$

س/ ما المقصود بالسعة الحرارية ؛ الحرارة النوعية ؛

السعة الحرارية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/°c).

الحرارة النوعية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/g.°c).

مثال (1-1) ما مقدار الحرارة الناتجة من تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870g من 5 °C الى 95°C علما ان الحرارة النوعية للحديد 0.45J/g.c ؛ □

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة □

$$\Delta T = T_f - T_i = (95 - 5) = 90C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة □

$$q(J) = \varsigma(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(°C)$$

$$q(J) = 0.45\ (J/g.°C)\ X\ 870(g)\ X\ 90\ (°C) = 35235\ J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة الحديد بوحدة K J كالاتي

$$q\ (KJ) = 35235\ J \times \frac{1KJ}{1000J} = 35.235\ kJ$$

تمرين (1-1) تغيرت درجة حرارة المغنسيوم كتلتها 10g من C 25 الى 45C مع اكتساب حرارة مقدارها J 205 احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنسيوم ؛ □

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة □

$$\Delta T = T_f - T_i = (45 - 25) = 20C°$$

وباستخدام العلاقة التالية □

$$q(J) = \varsigma(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي □

$$\varsigma(J/g.C) = \frac{q}{m\ X\ \Delta T} = \frac{205\ J}{10g\ X\ 20\ (C)} = 1.025\ (J/g.C)$$

تمرين (2-1) قطعة من الفضة كتلتها 360 g وسعتها الحرارية (86J/C°) احسب حرارتها النوعية؟ □

الحل / □

ترتبط الحرارة النوعية مع السعة الحرارية بالعلاقة التالية: □

$$C_{(J/C°)} = ς\ (J/g.C) \quad X \quad m(g)$$

$$ς = \frac{C}{m} = \frac{86J/C°}{360g} = 0.2388\ J/g.C$$

سؤال (3-1) احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (kJ) من 350g من الزئبق عند تبريدها من 77C° الى 12C° علما ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14 J/g.C)؟ □

الحـــــــل/ واجب الناتج سيكون -3.185kJ؟ □

سؤال (4-1) سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من حرارة 25C° الى 40C° مما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J احسب الحرارة النوعية لهذه المادة؟ □

الحل / (واجب) الناتج سيكون 2.45 (J/g.c) □

رحلة التفوق

عطاءٌ بلا حدود

A. M. Z

سؤال (1- 14) 4.5g من حبيبات الذهب امتصت 276J عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت 25C° احسب الدرجة الحرارية النهائية التي سخنت اليها الحرارة النوعية للذهب (0.13 J/g.C)؛□

الحل /

$$q(J) = ς(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي □

$$\Delta T(C) = \frac{q}{ς X m} = \frac{276 J}{0.13 J/g.c \ X \ 4.5g} = 471.8 C$$

$$\Delta T = T_f - T_i \qquad T_f = \Delta T + T_i = 471.8 + 25 = 496.8 C°$$

نصيحة: اذا كانت الحرارة الابتدائية او النهائية هى المجهولة اعتبر ΔT هى المجهولة

مثال اضافي1 / كتلة معينة من الفضة سخنت فارتفعت درجة حرارتها الابتدائية بمقدار 10 C° فاذا علمت ان الحرارة النوعية للفضة 0.24 J/g.C وانها امتصت حرارة مقدارها 0.24 Kj؛

جد ١) كتلة الفضة .

٢) السعة الحرارية للفضة.□

ملاحظة: ارتفعت بمقدار يعني انها ΔT بالموجب

الحـــــــــل/

$$1)\ q(J) = ς(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(°C)$$

$$q(J) = 0.24\ KJ \times 1000 j/KJ = 240\ J$$

$$m(g) = \frac{240\ J}{0.24\ (\frac{J}{g}.C)\ X\ 10c} = 100g$$

2)

$$C_{(J/C°)} = ς_{(J/g.C)} \times m_{(g)}$$

$$C_{(J/C°)} = 0.24^{(J/g.C)} \times 100_{(g)}$$

$$C_{(J/C°)} = 24\ _{(J/.C)}$$

مثال اضافي2/ 10g من حبيبات المغنسيوم الذي حرارته النوعية 1.02 J/g.C عند تبريدها الى 40 C° بعثت حرارة مقدارها 1.02 kJ احسب درجة الحرارة التي كانت عليها حبيبات المغنسيوم؟ الجواب 140 Co

1–5 حرارة التفاعل (التغير في الانثالي ΔH)

أكثر العمليات الكيميائية تجري عند ضغط ثابت وقليل جدا منها يحدث عند حجم ثابت لذلك فان الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي التي تجري عند ضغط ثابت يجري قياسها بشكل أسهل من عملية قياسها بحجم ثابت

التغير في الانثالي ΔH : **هي دالة حالة ثرموداينمكية وخاصة شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة او المتحررة المقاسة بثبوت الضغط (الضغط الجوي) ويرمز لها بالرمز H ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها حسب العلاقة**

$$\Delta H_r = \Delta H_{(P)} - \Delta H_{(R)}$$

انثالي التفاعل   انثالي النواتج   انثالي المتفاعلات

ملاحظات مهمة جدا

- التغير في الانثالي ΔH = حرارة التفاعل المقاسة عند ضغط ثابت أي $\Delta H = q_p$
- q_p تمثل الحرارة المقاسة تحت ضغط ثابت.
- اذا كانت (ΔH_P اصغر من ΔH_R) اي ΔHr اصغر من صفر اي لها قيمة سالبة يكون التفاعل باعث للحرارة.
- اذا كانت (ΔH_P أكبر من ΔH_R) اي ΔHr أكبر من صفر اي لها قيمة موجبة يكون التفاعل ماص للحرارة .

1–6 دالة الحالة

هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير ومن أمثلة دالة الحالة الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة .

- *إن الحرارة والشغل قيمها تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة وبالتالي فهي لا تعتبر دوال حالة حيث انها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغيير.*
- *لا يمكن قياس القيم المطلقة لدوال الحالة وإنما يمكن قياس مقدار التغيير (Δ) لهذه الدوال .*

1–7 الخواص العامة للمواد

تقسم الخواص العامة للمواد الى نوعين:

١- *الخواص الشاملة :* وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة و الحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة.

٢- *الخواص المركزة :* وهي تشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكثافة ودرجة الحرارة والحرارة النوعية.

علل / الانثالبي يعتبر دالة حالة وهي خاصية شاملة؟

الجواب / لأنها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انثالبي تفاعل 2mole من المادة يساوي ضعف التغير في انثالبي تفاعل 1mole من المادة نفسها.

تذكر شاملة تشمل كلشي حتى الكتلة مركزة بس ما تركز على الكتلة

1 – 8 الكيمياء الحرارية

علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيمائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية.

كما وضحنا سابقا ان كانت قيم ΔHr سالبة التفاعل باعث للحرارة.

اما اذا كانت موجبة فالتفاعل ماص للحرارة.

لاحظ :

اذا اعتبرنا ان التفاعل هو النظام

فالتفاعل الباعث للحرارة (يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط)

كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي الآتيين .

تفاعل كيميائي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + \text{Energy}$

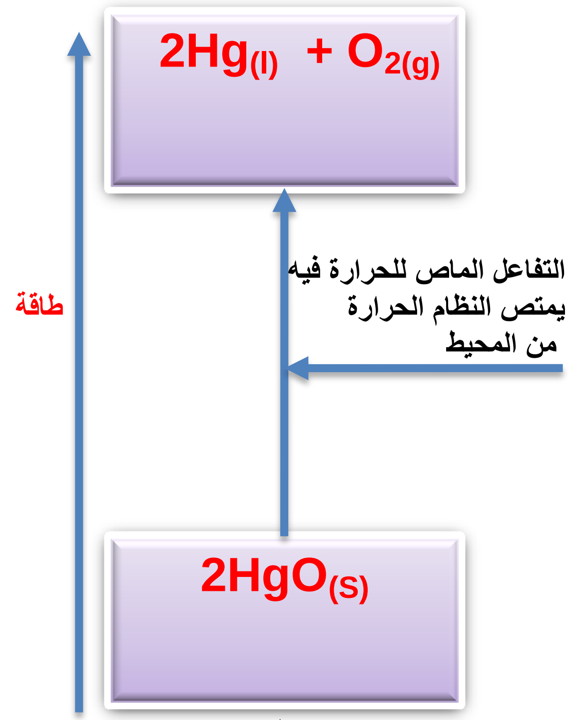
تغير فيزيائي $2H_2O_{(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + \text{Energy}$

اما التفاعل الماص للحرارة (فيه يمتص النظام الطاقة الحرارية من المحيط) كما في ادناه

تفاعل كيميائي $2HgO_{(s)} + \text{Energy} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

تغير فيزيائي $2H_2O_{(s)} + \text{Energy} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

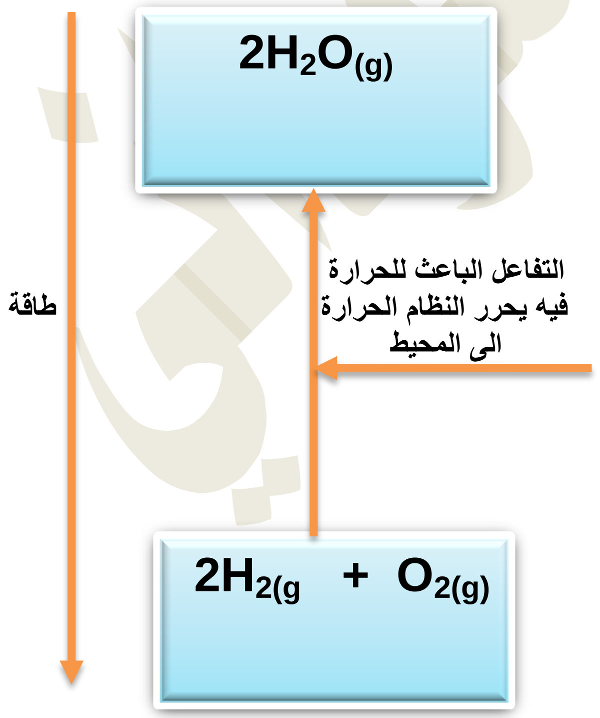
عندما تكتب كلمة الطاقة Energy في جهة المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة إما اذا كتبت في جهة النواتج فالتفاعل باعث للحرارة.



$\Delta H > 0$

$\Delta H = +$

المحيط



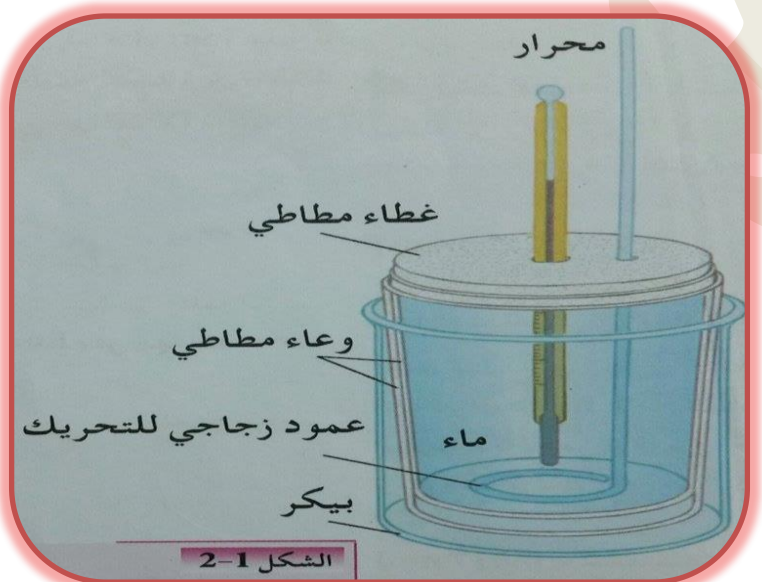
$\Delta H < 0$

$\Delta H = -$

المحيط

1-9 قياس انثالبي التفاعل

يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في الـتفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط جهاز يسمى /المسعر توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة **يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء(معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا** بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة



الشكل 1-2

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى مسائل الرياضية الخاصة بالمسعر الحراري.

١ـ المادة التي تدخل في المسعر الحراري يجب ان تكون معلومة عدد المولات او معلومة الكتلة او الكتلة المولية لنستخرج عدد المولات .

٢ـ **ايجاد كمية الحرارة باستخدام العلاقة التالية اذا كانت السعة الحرارية للمسعر مهملة**

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

واذا السعة الحرارية معطاة بالسؤال من العلاقة التالية $q\,(J) = C\,.\,\Delta T$

وعلية يجب ان يعطى بالسؤال كتلة الماء والحرارة النوعية للماء ودرجة حرارة ابتدائية ونهائية.

٣ـ اذا طلب كمية الحرارة المتحررة لا بد ان تكون كمية الحرارة q قيمة سالبة حتى وان ظهرت موجبة نحولها سالبة بوضع قيمة سالبة أمامها.

٤ـ **و لأنه سيطلب في معظم الأسئلة كمية الحرارة الناتجة من احتراق مول واحد نطبق العلاقة**

$$q = \frac{\text{كمية الحرارة}}{\text{عدد المولات}}$$

٥ـ طالما ان الحرارة الناتجة تم قياسها في المسعر المفتوح بثبوت الضغط فأنها تمثل انثالبي التفاعل ΔH.

٦ـ ولتحويل الانثالبي من وحدة J/mole الى KJ/mole نضرب القيمة X $\frac{1(kJ)}{1000J}$.

الملخص السريع

١- ايجاد ΔT.

٢- تطبيق قانون كمية الحرارة qحسب المعطيات وتحويل بالقيمة السالبة.

٣- ايجاد عدد مولات المادة الداخلة في المسعر.

٤- ايجاد q بوحدة J/mol بتقسيم كمية الحرارة على عدد المولات المستخرجة.

٥- تحويلها بوحدة KJ/mol بالقسمة على 1000J/KJ.

٦- اذا طلب لاكثر من مول نضرب الناتج النهائي في عدد المولات المطلوبة.

مثال (2-1) باستخدام المسعر الحراري وضعت 3g من مركب الكلوكوز كتلته المولية (180g/mole) في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 1200 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 21.0C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 25.5C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من الكلوكوز. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الجواب / نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$\Delta T = T_f - T_i = 25.5 - 21.0 = 4.5\ C°$

$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$

$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 1200(g) \times 4.5\ (C) = 22680\ J$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي = q=(- 22680 J)

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(\text{mol}) = \frac{m(g)}{M\ (\frac{g}{mol})} = \frac{3g}{180\ g/mol} = \frac{1g}{60\ g/mol} = 0.0166\text{mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

$$q = \frac{-22680\ J}{0.0166\ mol} = -1360800\ J/mol = \Delta H$$

لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q(kJ/mol) = -1360800\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -1360.8 kJ/mol$$

تمرين (4-1) اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين (N_2H_4) كتلته المولية (32g/mole) في مسعر مفتوح يحتوي 1000 g من الماء الحرارة النوعية للماء (4.2 J/g.C°) فان درجة الحرارة ترتفع من 24.6C الى 28.2C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mol من الهيدرازين. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الجواب / نحسب التغير في درجات الحرارة . $\Delta T = T_f - T_i = 28.2 - 24.6 = 3.6\ C°$

$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$

$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 1000(g) \times 3.6\ (C) = 15120\ J$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي = (- 15120 J).

نجد عدد مولات الهيدرازين كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(\text{mol}) = \frac{m(g)}{M\ (\frac{g}{mol})} = \frac{3g}{32\ g/mol} = 0.094\ \text{mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الهيدرازين =

$$q = \frac{-15120\ J}{0.094\ mol} = -160851\ J/mol = \Delta H$$

لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q(kJ/mol) = -160851\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -160.85\ kJ/mol$$

السؤال (1-29) من اسئلة الفصل اذا تم حرق عينة كتلتها 1.5 g من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 750 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 24C° الى 28C° احسب كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة؟((واجب)

الجواب/ الناتج / 504000J/mol

السؤال (1-24) من اسئلة الفصل عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي 2.4 kJ/°C فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار 0.12C° ، احسب التغير في الانثالبي لذلك التفاعل بوحدة J.

الحل / التغير في الانثالبي = الحرارة المقاسة في المسعر الحراري

$$\Delta H = q_p = C\ .\ \Delta T$$

$$= 2.4\ kJ/°C \times 0.12 C° = 0.288\ kJ = -0.288 kJ$$

$$\Delta H_{(J)} = -0.288 kJ \times 1000 J/kJ = -288 J$$

ملاحظة١:-استخدمنا هذه العلاقة $q_p = C\ .\ \Delta T$ لانه أعطى في السؤال السعة الحرارية للمسعر ولم يعطي كتلة او حرارة نوعية

ملاحظة٢:- كلمة ترتفع بمقدار يعني انه اعطى ΔT مباشرة وبالقيمة الموجبة (اما اذا قال انخفضت بمقدار اي ΔT بالقيمة السالبة)

ملاحظة٣:- هنا اراد فقط التغير في الانثالبي وليس كمية حرارة محترقة من مول واحد من المادة.

ملاحظة٤:- تذكر للتحويل من الجول الى الكيلو جول نقسم على 1000 وللتحويل من الكيلو جول الى جول نضرب ×1000

اثرائيات الخاصة في مواضيع المسعر

مثال اضافي٣ باستخدام المسعر الحراري وضعت 34.2g من مركب عضوي في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 900 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 27C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 29.5C° وان كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من المركب العضوي كانت94.5 ما هي الكتلة المولية للمركب العضوي علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الجواب / نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 29.5 - 27.0 = 2.5\ C°$$

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

$$q(J) = 4.2\,(J/g.C) \times 900(g) \times 2.5\,(C) = 9450\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي = (ـ 9450 J).

الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز = 94.5KJ/molـ نحولها الى وحدة J/mol

$$q\ J/mol = -94.5KJ/mol \times 1000J/KJ = -94500J/mol$$

$$q\ J/mol = \frac{-q\ J}{n\ mol} \longrightarrow n\ mol = \frac{q\ J}{q\ J/mol} = \frac{-9450\ J}{-94500\ J/mol} = 0.1\ mol$$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\left(\frac{g}{mol}\right)} \longrightarrow M = \frac{m(g)}{n\ (mol)} \longrightarrow M = \frac{34.2(g)}{0.1\ (mol)} = 342\ g/mol$$

مثال اضافي٤ /تم حرق عينة معينة من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 1000 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر بمقدار 6C° وكانت كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض = 126KJ احسب كتلة الحامض التي تم حرقها. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة (واجب) الجواب 12g

1-10 المعادلة الكيميائية الحرارية □

هي المعادلة التي تعبر عن التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية وهي تختلف عن كتابة المعادلات الكيميائية الأخرى.

س/ ما هي الأمور التي يجب أن توضحها المعادلة الكيميائية الحرارية؟

١- اشارة التغير في الانثالبي المصاحبة للتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي اي ان تكون ذات اشارة موجبة او سالبة فالإشارة الموجبة تعني ان التفاعل ماص للحرارة كما في معادلة انصهار الجليد.

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6KJ/mol$$

وهذا يعني انه تم امتصاص حرارة مقدارها 6KJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة الممتصة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع المتفاعلات

$$2H_2O_{(s)} + \Delta H{=}6KJ/mol \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

اما الإشارة السالبة تعني ان التفاعل باعث للحرارة كما في التفاعل الاتي

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H{=}-890KJ/mol$$

وهذا يعني انه تم تحرر (انبعاث) حرارة مقدارها 890 KJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة المنبعثة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع النواتج

$$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890KJ/mol$$

٢- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل(علل) ((بسبب ان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة)) والمثال ادناه يوضح ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -286\ kJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -242\ kJ/mol$$

٣- اذا تم عكس العملية فإشارة الانثالبي تتغير من الموجب الى السالب وبالعكس.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(s)} \qquad \Delta H = -6\ kJ/mol$$

٤- عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب ان تجري نفس العملية على قيمة الانثالبي.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ kJ/mol$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 2 \times 6\ kJ/mol = 12kJ/mol$$

1-11 انثالبي التفاعل القياسية □

عندما يتم قياس قيمة الانثالبي عند ظروف قياسية والتي هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm تسمى القيمة القياسية الانثالبي القياسية ويرمز لها بالرمز ΔH°_{r}.

سؤال / ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي أوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات؟ □

الجواب / الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm. □

الظروف القياسية في الغــــــــــــازات هي درجة الحرارة 0 C° (273K) وضغط 1atm.

1-12 أنواع الانثالبيات

- انثالبي التكوين القياسية ΔH°_f
- انثالبي الاحتراق القياسية ΔH°_c
- انثالبي التغييرات الفيزيائية (تبخر ΔH، تكثيف ΔH، انصهار ΔH، انجماد ΔH)

١- **انثالبي التكوين القياسية ΔH°_f** :- هي الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة باثبت صورها في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm).

- نعني بالعناصر باثبت صورها اي حالتها القياسية فالهيدروجين تكون حالته الغازية هي الاثبت والزئبق السائل والمغنسيوم الصلب هي الصور الاثبت لانها تمثل الحالات الموجودة تحت الظروف القياسية
- **الكاربون له اكثر من صورة مثل الكرافيت (graphite) والماس (diamond) ولكن الكرافيت هي الاثبت.**
- **الكبريت له اكثر من صورة مثل المعيني (rhomloic) والموشوري (ortherhomloic) ولكن المعيني هي الاثبت.**
- تم الاتفاق دوليا ان قيمة ΔH_f° لجميع العناصر في حالتها القياسية = صفر .وعليه اضافة الى العناصر التي مرت الكلور Cl_2 والفلور F_2 والأوكسجين O_2 والنتروجين N_2 والبروم Br_2 واليود الصلب I_2 قيمة ΔH_f° لها = صفر.

امثلة لبعض التفاعلات توضح تكوين المواد من اثبت صورها

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ kJ/mol$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \frac{1}{4} P_{4(s)} \longrightarrow H_3PO_{4\,(s)} \qquad \Delta H_f^\circ(H_3PO4) = -128\ kJ/mol$$

$$Mg_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow MgCl_{2(s)} \qquad \Delta H_f^\circ(MgCl_2) = -642\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2\,(g)} \qquad \Delta H_f^\circ(CO_2) = -394\ kJ/mol$$

علل / ظهور كسور في المعادلة الحرارية؟

ج / بسبب كتابة المعادلة التي تمثل تكوين مول واحد من المركب المراد تكوينه لذا نلجأ لتغيير عدد مولات المواد المتفاعلة.

- (((مهم جدا))) ان $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ **حينما يتكون مول واحد من المادة ومن عناصرها الأساسية. ولكن حينما يكون المتكون اكثر من مول فان** ΔH_r° **لا تساوي** ΔH_f°

لاحظ المثال التالي
$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2HBr_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -72KJ$$

عند النظر الى المعادلة نجد ان مولين من HBr قد تكون نتيجة هذا التفاعل لذا فأن نصف الحرارة اي 36 - يجب ان تبعث عند تكوين مول واحد من HBr و هذا تم استنتاجه بعد قسمة المعادلة على 2 وعليه في حال تكوين اكثر من مول وجدت علاقة بين ΔH_r° و ΔH_f° و هي كالاتي

$$\Delta H_f^\circ = \frac{\Delta Hr^\circ}{n} \Longrightarrow \Delta Hr^\circ = \Delta Hf^\circ \times n$$

مثال (1-3) اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين C_6H_6 = 49KJ/mol اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية بحيث تكون $\Delta H_r°$ مساوية الى $\Delta H_f°(C_6H_6)$

الحل/ ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من البنزين من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية 25C° وضغط 1atm.

$$6C_{(graphite)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_{6(l)} \quad \Delta H_r° = \Delta H_f° = 49KJ/mol$$

تمرين (1-5) اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لحامض الكبريتيك (H_2SO_4) = -811KJ/mol اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta H_r°$ مساوية الى $\Delta H_f°(H_2SO_4)$

الحل/ ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من حامض الكبريتيك من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية 25C° وضغط 1atm.

$$H_{2(g)} + S_{rhomloic} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)} \quad \Delta H_r° = \Delta H_f° = -811KJ/mol$$

مثال (1-4) اي من التفاعلات التالية تساوي قيمة الانثالبي التفاعل القياسية $\Delta H_r°$ لها قيمة انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$ للمركبات المتكونة؟

1) $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H_r° = 1625kJ$

2) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = -394\ kJ$

3) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = 283\ kJ$

التفاعل (1) $\Delta H_r°$ لا تساوي $\Delta H_f°$ لان الناتج هو 2 مول ويجب ان يكون الناتج 1 مول.

التفاعل (2) $\Delta H_r°$ تساوي $\Delta H_f°$ لتوفر الشروط وهما تكوين مول واحد من CO_2 من عناصره الأساسية.

التفاعل (3) $\Delta H_r°$ لا تساوي $\Delta H_f°$ لان CO مركب وليس عنصر بأثبت صوره.

تمرين (1-6) احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$ ل (HF) = -271KJ/mol

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

الحل/ ان انثالبي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول من HF لذا يجب ضرب قيمة (HF) $\Delta H_f°$ في 2 لنحصل على قيمة $\Delta H_r°$

$$\Delta H_r° = 2mol \times \Delta H_f° = 2mol \times -271\ KJ/mol = -542\ KJ$$

تمرين (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$ للماء بالاستعانة بالتفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H_r° = -572\ kJ$$

الحل/

$$\Delta H_f° = \frac{\Delta H_r°}{n} \Longrightarrow \Delta H_f° = \frac{-572\ KJ}{2mol} = -286kJ/mol$$

٢- **انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H°_c$** :- هي الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مركب حرقا تاما في الأوكسجين في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm) ويرمز لها $\Delta H°_c$.

إن تفاعلات الاحتراق تشمل تفاعل المواد (الوقود) مع الاوكسجين فمثلا في النظام البايلوجي حيث الغذاء هو الوقود وعند حرقه داخل الجسم تتحول المواد الكربوهيدراتية الى سكر الكلوكوز لتزويد الجسم بالطاقة.
ان احد طرق تدفئة المنازل او طبخ الطعام هي حرق غاز البيوتان حيث ان حرق مول واحد منه يحرر طاقة مقدارها 2873 KJ- من الطاقة حسب المعادلة التالية.

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_r=-2873kJ/mol$$

او ان معظم السيارات تسير نتيجة لحرق الكازولين في محركاتها كما في المعادلة التالية

$$C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_r= -5471kJ/mol$$

ان حرق نواتج العناصر مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها
أما حرق المواد العضوية يؤدي دائما غاز ثنائي اوكسيد الكاربون والماء السائل. لاحظ الامثلة ادناه ولضبط موازنة المعادلة الكيميائية لحرق المواد العضوية نتبع القاعدة التالية.

$$C_xH_{y(\ )} + O_{2(g)} \longrightarrow XCO_{2(g)} + \frac{y}{2}H_2O_{(l)}$$

لحساب الأوكسجين نتبع ما يلي:

١- اذا كان المركب العضوي المحترق لا يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونقسم الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$$C_7H_{14(l)} + \frac{21}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 7CO_{2(g)} + 7H_2O_{(l)}$$

٢- اذا كان المركب العضوي يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونطرح منه عدد ذرات الاوكسجين الموجودة في المركب العضوي ونقسم ما تبقى من الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_4H_9OH_{(l)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$$

$$CH_3COOH_{(l)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

س/ ما هي شروط تساوي انثالبي الاحتراق القياسية مع انثالبي التفاعل القياسية؟

ج/ إن الشرط الأساسي لتساوي انثالبي التفاعل القياسية $\Delta H°_r$ مع انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H°_c$ هي حرق مول واحد من المادة مع كمية وافرة من الأوكسجين لذا جميع التفاعلات أعلاه $\Delta H°_c = \Delta H°_r$ لأنها تمثل حرق مول واحد من المواد. ان جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة.

مثال (1-5) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكحول الاثيلي السائل (C_2H_5OH) اذا علمت ان ΔH°_c = - 1367KJ/mol ؛□

الحل /

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H^\circ_c = -1367 kJ/mol$$

تمرين (1-8) اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8) علما ان ΔH°_c = -2219KJ/mol ؛□

الحل / □

$$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \quad \Delta H^\circ_c = -2219 kJ/mol$$

السؤال (1-9) من أسئلة الفصل احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (Al_2O_3) والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية (Al) في التفاعل الأتي؟□

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_3 \quad \Delta H^\circ r = -3340 kJ$$

□

لحساب (Al_2O_3) ΔH°_f يجب ان يكون المتكون 1mol من Al_2O_3 من عناصر بأثبت صورها □

$$\Delta H^\circ f = \frac{\Delta H^\circ r}{n} = \frac{-3340 kJ}{2 mol} = -1670\ kJ/mol$$

لحساب (Al)= ΔH°_c يجب ان يتم حرق 1mol من Al □

$$\Delta H^\circ c = \frac{\Delta H^\circ r}{n} = \frac{-3340 kJ/mol}{4 mol} = -835\ kJ/mol$$

اضافي 5 من أسئلة الفصل احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (MgO) والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية (Mg) في التفاعل الأتي؟□

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO \quad \Delta H^\circ r = -1440 kJ$$

اثرائيات الخاصة في موضوع انواع الانثالبيات

مثال اضافي 6 اكتب معادلة تكوين كل

من ١ـ حامض النتريك HNO_3 ٢ـ حامض الفسفوروز H_3PO_3

٣ـ حامض البروبانويك CH_3CH_2COOH ٤ـ كلوريد البيوتيل C_4H_9Cl

٥ـ الامونيا NH_3 ٦ـ بروميد الفسفور الخماسي PBr_5

بحيث ان $\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ$

ملاحظات قبل الحل شنسوي بجميع اسئلة

١ـ نكتب المركب الي يريد تكوينه وراء السهم بدون اي عدد مولات له

٢ـ نفصل المركب بجهة المتفاعلات الى عناصر وانتبه هناك عناصر بهيئة جزيئات وهي $N_2 - O_2 - Cl_2 - F_2 - Br_2 - I_2 - H_2 - P_4$

٣ـ نوازن العناصر بالمقارنة مع المركب المتكون ونصيحة بالنسبة للعناصر السبعة اعلاه اذا كانت عدد ذراتها فردي فأننا نوازنها باخذ العدد الفردي نفسه ونضع تحته رقم 2 اما الفسفور اذا كان عدد ذراته لا يقبل القسمة على ٤ نضع الرقم في المركب نفسه ونضع تحته رقم 4

٤ـ نضع الحالة الفيزيائية كل عنصر التي يوجد فيها باثبت صورة امام العنصر

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow HNO_{3(aq)}$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_3PO_{3(aq)}$$

$$3C_{(gra)} + 3H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3CH_2COOH_{(aq)}$$

رقم ٤ ورقم ٥ ورقم ٦ واجب

مثال اضافي ٨ اكمل مع الموازنة المعادلات ادناه (تابعة لموضوع انثالبي الاحتراق القياسية)

$$C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$CH_3OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_6H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_3H_7COOH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

٣- انثالبي التغيرات الفيزيائية. من حالات المادة

١- التبخر (Vaporization): التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية.

انثالبي التبخر:- هي الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(vap)}$ دائما (+)

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{vap} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 44 kJ/mol$$

٢- التكثيف (Condesation): التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة. دائما (-)

انثالبي التكثيف:- هي الحرارة اللازمة لتكثيف مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cond)}$

$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{cond} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(cond)} = -44 kJ/mol$$

٣- الانصهار (Fusion) : هي عملية التحول من الطور الصلب الى السائل

انثالبي الانصهار :- الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(fus)}$ دائما (+)

$$H_2O_{(s)} \xrightarrow{fus} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(fus)} = 6 kJ/mol$$

٤- التبلور (الانجماد) (Crystallization): التحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

انثالبي الانجماد :- هي الحرارة اللازمة لانجماد مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cryst)}$ دائما (-)

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{cryst} H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{(cryst)} = -6 kJ/mol$$

الخلاصة

$\Delta H_{(vap)}$ انثالبي تبخر	$\Delta H_{(cond)}$ انثالبي تكثيف	$\Delta H_{(fus)}$ انثالبي انصهار	$\Delta H_{(cryst)}$ انثالبي تبلور
$\Delta H_{(fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$		$\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$	

مثال (1-6) اذا علمت ان انثالبي التبخر للامونيا تساوي 23kJ/mol احسب انثالبي التكثيف للامونيا

الحل / معادلة التبخر للامونيا

$$NH_{3(l)} \xrightarrow{vap.} NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{vap} = 23 kJ/mol$$

وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر اي ان

$$NH_{3(g)} \xrightarrow{cond.} NH_{3(l)}$$

$$\Delta H_{cond} = -\Delta H_{vap} = -23 kJ/mol$$

تمرين (1-9) اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك الثلجي تساوي 5.11kJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض ؟ الحل / معادلة الانصهار لحامض الخليك الثلجي هي

$$CH_3COOH_{(s)} \xrightarrow{fus} CH_3COOH_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 5.11 kJ/mol$$

وبما ان عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار اي ان

$$CH_3COOH_{(l)} \xrightarrow{cryst} CH_3COOH_{(s)}$$

$$\Delta H_{cryst} = -\Delta H_{fus} = -5.11 kJ/mol$$

1-13 طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية

١- طريقة استخدام قانون هيس

هناك مركبات كيميائية لا يمكن تصنيعها مباشرة من عناصرها وذلك لأسباب عديدة منها

١- التفاعل يسير ببطء شديد   ٢- تكون مركبات جانبية غير مرغوبة

لذا يتم اللجوء الى قياس ΔH°_r لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة. وتعتمد هذه الطريقة على

قانون هيس الذي ينص

((عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــــــــدة او سلسلة من الخطوات))

مثال مهم لتوضيح قانون هيس

في التفاعل أدناه لا يمكن قياس الحرارة المنبعثة مباشرة عندما يتفاعل الكاربون (كرافيت) مع الاوكسجين ليكونا أحادي اوكسيد الكاربون. علل

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = ?$$

(((لأنه من المستحيل منع تكون غاز ثنائي اوكسيد الكاربون)))

لكن يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق الكاربون (كرافيت) احتراقا تاما ليعطي CO_2 وكذلك يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق غاز CO الى CO_2 حسب المعادلات

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -393.5\ kJ/mol$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -283\ kJ/mol$$

لاحظ ما الذي سنفعله للحصول على المعادلة الأصلية من هاتين المعادلتين

1. ستنزل المعادلة الأولى كما هي.
2. سنقوم بقلب المعادلة الثانية مع ملاحظة عكس الإشارة.
3. سنقوم بجمع المعادلين مع الجمع الجبري لقيمة ΔH°_r.

علماً قيمة ΔH°_r التي ستنتج هي القيمة للتفاعل المطلوب.

$$C_{(graphite)} + \cancel{O_{2(g)}} \longrightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \qquad \Delta H^\circ_r = -393.5\ kJ/mol$$

$$\cancel{CO_{2(g)}} \longrightarrow CO_{(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_{2(g)}} \qquad \Delta H^\circ_r = 283\ kJ/mol$$

$\frac{1}{2}O_{2(g)}$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -110.5\ kJ/mol$$

ملاحظات للتذكير

١- عند قلب المعادلة نقلب اشارة قيمة الانثالبي.

٢- عند ضرب المعادلة في اي رقم نضرب قيمة الانثالبي في نفس الرقم.

٣- عند قسمة المعادلة على اي رقم نقسم قيمة الانثالبي على نفس الرقم

٤- عند قلب المعادلة وضربها في اي رقم تقلب الاشارة وتضرب قيمة الانثالبي بنفس الرقم وعند القلب والقسمة تقلب الاشارة وتقسم قيمة الانثالبي على نفس الرقم.

مثال (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $CS_{2(l)}$ من عناصرها الأساسية بأثبت صورها.

$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = ? \quad kJ/mol$$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \quad kJ/mol$

2) $S_{(rhombic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -296 \quad kJ/mol$

3) $CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -1072 \quad kJ/mol$

الحل / لو نظرنا الى المعادلة التي نريد ان نجد لها ΔH_f° $CS_{2(l)}$ نلاحظ ان CS_2 في جهة النواتج لذا يجب قلب معادلة 3 وكذلك نلاحظ ان عدد مولات S اثنان لذا يجب ضرب المعادلة 2 بالعدد 2 أما بالنسبة لمعادلة 1 تبقى كما هي وبالتالي تصبح المعادلات بالصورة التالية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \quad kJ/mol$

4) $2S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -592 \quad kJ/mol$

5) $CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = 1072 \quad kJ/mol$

$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ \quad 86\ kJ/mol$$

تمرين (1-10) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصرها الأساسية.

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \quad \Delta H_f^\circ = \quad kJ/mol$$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \quad kJ/mol$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -286 \quad kJ/mol$

3) $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -2599 \quad kJ/mol$

الحل / لو نظرنا الى المعادلة التي نريد ان نجد لها $C_2H_{2(g)}$ ΔH_f° ان عدد مولات الكاربون 2 لذا نضرب معادلة 1 في 2 كما ان نلاحظ ان عدد مولات الاستيلين هي 1 وهو في جهة النواتج لذا نقلب معادلة 3 ونقسمها على 2 وتبقى معادلة 2 كما هي

4) $2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -788 \quad kJ/mol$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -286 \quad kJ/mol$

5) $2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = +1299.5 \quad kJ/mol$

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g} \quad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ \quad +225.5 \quad kJ/mol$$

السؤال (21-1) من أسئلة الفصل / اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية ومن المعادلات الحرارية التالية عند حرارة 25C° وضغط 1atm

1) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$ $\Delta H_r° = -185$ kJ

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r° = -484$ k J

احسب $\Delta H_r°$ للتفاعل الاتي $4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

الحـــــل / قانون هيس ينص

((عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــــدة او سلسلة من الخطوات)) **فائدته** تكمن في أمكانية قياس انثالبي التفاعلات التي لا يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها او لتكون نواتج جانبية.

ولإيجاد $\Delta H_r°$ للتفاعل الاتي $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

نقلب المعادلة1 ونضربها في 2 اما معادلة 2 تبقى كما هي.

3) $4HCl_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)}$ $\Delta H_r° = +370$ kJ

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r° = -484$ Kj

---

$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = -114$ kJ

سؤال (23-1) جد انثالبي التكوين القياسية للاثيلين اذا علمت ان درجة احتراق كل من H_2 و C و C_2H_4 بوحدات kJ/mol هي على التوالي (-1411, -394, - 286)

الحــــــــل/ نكتب معادلة الهدف وهي تكوين غاز الاثيلين

$2C_{(كرافيت)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_4$ $\Delta H°_f = ?$

ثانيا نكتب معادلات احتراق كل من H و C و C_2H_4

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$ $\Delta H°r = -286$ KJ/mol

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H°r = -394$ KJ/mol

$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ $\Delta H°r = -1411$ KJ/mol

وللحصول على المعادلة الاصلية تضرب المعادلة الاولى و الثانية في 2 ونقلب الثالثة

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\Delta H°r = -572$ KJ/mol

$2C + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2$ $\Delta H°r = -788$ KJ/mol

$2CO_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_4 + 3O_2$ $\Delta H°r = +1411$ KJ/mol

---

$2C_2 + H_2 \longrightarrow C_2H_4$ $\Delta H°r = \Delta H°_f = +51$kJ/mol

السؤال (25-1) جد ΔH_f° لـ Fe_2O_3 من انثالبيات التفاعلات الاتية

$2Al_2O_{3(s)} \longrightarrow 4Al_{(s)} + 3O_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = 3340$ kJ

$2Al + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow 2Fe + 2Al_2O_{3(s)}$ $\Delta H_r^\circ = -318$ kJ

الحل/ نكتب المعادلة الهدف وهي تكوين اوكسيد الحديد الثلاثي من عناصره الاساسية باثبت صورة .

$2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_2O_3$

باقي الحل واجب والناتج سيكون -817kJ/mol

سؤال (1-35) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO , H_2 وCH_3OH بوحدات kJ/mol هي على التوالي (-727, -286, - 284) احسب ΔH°_r باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$

الحل/ نكتب معادلات الاحتراق لكل من CO و H_2 و CH_3OH

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H^\circ r = -284$ KJ/mol

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$ $\Delta H^\circ r = -286$ KJ/mol

$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ $\Delta H^\circ r = -727$ KJ/mol

وللحصول على المعادلة الاصلية تبقى المعادلة الاولى كما هي ونضرب الثانية في 2 ونقلب الثالثة

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H^\circ r = -284$ KJ/mol

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\Delta H^\circ r = -572$ KJ/mol

$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2$ $\Delta H^\circ r = +727$ KJ/mol

---

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$ $\Delta H^\circ r = -129$ KJ/mol

مثال اضافي8 / احسب قيمة التغير في المحتوى الحراري اللازمة لتحول مول واحد من الماس الى الكرافيت اذا علمت ان انثالبي الاحتراق للماس = 395.4 - KJ/mol
و ان انثالبي الاحتراق للكرافيت = 393.5 - KJ/mol

الحل / نكتب معادلة احتراق مول واحد لكل من الماس والكرافيت

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -395.4\ KJ/mol$$

$$C_{(graphit)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -393.5\ KJ/mol$$

للحصول على معادلة تحول الماس الى كرافيت تبقى الاولى كما هي ونقلب الثانية

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r = -395.4\ KJ/mol$$

$$CO_2 \longrightarrow C_{(graphit)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H_r = +393.5\ KJ/mol$$

$$C_{(dimond)} \longrightarrow C_{(graphit)} \qquad \Delta H_r = -1.9\ KJ/mol$$

مثال اضافي9 / يحترق البيوتان C_4H_{10} فيعطي CO_2 وسائل الماء ويبعث حرارة مقدارها -2878 Kj/mol بينما يحترق ليعطي CO_2 وبخار الماء ويبعث حرارة مقدارها -2658 Kj/mol
احسب حرارة تبخر الماء؟ واجب الجواب الصحيح +44KJ/mol

مثال اضافي10 / احسب حرارة تسامي الثلج اذا توفرت لديك المعلومات التالية

انثالبي الانصهار للثلج = 6Kj/mol   انثالبي التبخر للماء = 44Kj/mol

٢- طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية

يمكن استخدام قيم ΔH_f° لحساب ΔH_r° باستخدام العلاقة التالية

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ\ (Products) - \sum n\Delta H_f^\circ\ (Reactants)$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و$\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب ΔH_r° للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [\,g\Delta H_f^\circ (G) + h\Delta H_f^\circ (H)\,] - [a\Delta H_f^\circ (A) + b\Delta H_f^\circ (B)]$$

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى حل مسائل استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية.

١- لابد من التذكير ان هناك عناصر بأثبت صورها ΔH_f° لها = صفر.
مثل $H_{2(g)}$ و $O_{2(g)}$ و $N_{2(g)}$ و $Br_{2(l)}$ و $I_{2(s)}$ و $Cl_{2(g)}$ و $F_{2(g)}$ و $Al_{(s)}$ ....الخ.

٢- أفضل طريقة لحل المسألة رياضيا هي ان ننهي ناتج كل طرف بدقة ثم نقوم بعميلة طرح الطرف الاول من الثاني.

٣- ربما يعطي ΔH_r° للتفاعل ويعطي ΔH_f° لإطراف المعادلة مع إبقاء عنصر او مادة مجهولة الـ ΔH_f°.

٤- اذا كان الطرف الثاني ناتجه سالب فتصبح العملية الطرف الاول + الطرف الثاني كما موضح
[الطرف الثاني] + [الطرف الاول] = [الطرف الثاني ــ] ــ [الطرف الاول]

مثال (1-8) يجري تفاعل الثرميت وفق المعادلة التالية.

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)} \quad kJ=?$$

احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل اذا علمت ان

$\Delta H_f^\circ\ Fe_2O_{3(s)} = -822\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ\ Al_2O_{3(s)} = -1670\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ\ Fe_{(l)} = 12\ kJ/mol$

الحـــل

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (P) - \sum n\Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [\Delta H_f^\circ (Al_2O_{3(s)}) + 2\Delta H_f^\circ (Fe_{(l)})] - [2\Delta H_f^\circ (Al_{(s)}) + \Delta H_f^\circ (Fe_2O_{3(s)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-1670) + (2 \times 12)] - [(2 \times 0) + (-822)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-1646) - (-822) = -824\ kJ$$

تمرين (1-11) يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي غاز CO_2 والماء السائل أحسب ΔH_r° لهذا التفاعل اذا علمت

$\Delta H_f^\circ(C_6H_{6(l)}) = 49\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ\ CO_{2(g)} = -394\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286\ kJ/mol$

الحـــل / معادلة احتراق البنزين السائل هي.

$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (P) - \sum n\Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [6\Delta H_f^\circ\ CO_{2(g)} + 3\Delta H_f\ H_2O_{(l)}] - [\Delta H_f^\circ\ C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2}\Delta H_f^\circ (O_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [6(-394) + 3(-286)] - [(49) + (15/2 \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-3222) - (49) = -3271\ kJ/mol$$

سؤال 16-1 من أسئلة الفصل/ احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(l)}$.

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_{5(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -180kJ$$

$\Delta H_f^\circ(P_4O_{10(s)}) = -2984\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(HNO_{3(l)}) = -174\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(N_2O_{5(l)}) = -43k\ J/mol$

الحـــــــــل/

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(P)} - \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(R)}$$

$$\Delta H_r^\circ = [4\Delta H_f^\circ HPO_{3(l)} + 2\Delta H_f N_2O5_{(g)}] - [\Delta H_f^\circ P_4O_{10(s)} + 4\Delta H_f^\circ HNO_{3(l)}]$$

$$-180 = [4X + (2 \times -43) - (-(2984) + (4 \times -174)]$$

$$-180 = [4X + (-86) - (-3680)$$

$$-4X = 3594 + 180$$

$$X = \frac{3774}{-4} = -943.5\ kJ/mol = \Delta H_f^\circ HPO_{3(l)}$$

سؤال (1-8) في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين C_2H_2 (M=26g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 130 kJ احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت.

$\Delta H^\circ_f(H_2O) = -286\ kJ/mol$ $\quad \Delta H^\circ_f(CO_2) = -393.5\ kJ/mol$

الحــــــل/ نجد اولا قيمة كمية الحرارة المنبعثة من مول واحد من الاستيلين داخل المسعر والتي = $\Delta H^\circ r$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{2.6g}{26\ g/mol} = 0.1\ mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الاستيلين =

$$q_{(kJ/mol)} = \frac{-130\ kJ}{0.1\ mol} = -1300kJ/mol = \Delta Hr^\circ$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

نكتب الان معادلة احتراق الاستيلين

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2\Delta H_f^\circ CO_2) + (\Delta H_f^\circ H_2O)] - [(X) + (\frac{5}{2}\Delta H_f^\circ O_2)]$$

$$-1300 = [(2 \times -393.5) + (-286)] - [(X) + (0)]$$

$$X = -787 - 286 + 1300 = -1073 + 1300 = 227\ kJ/mol = \Delta H_f^\circ{}_{C2H2}$$

ملاحظات عن هذا السؤال :-

١- مطلوب السؤال يريد انثالبي التكوين القياسية للاستيلين وهذا يستخرج بطريقتين الاولى اما عن طريق تعريف انثالبي التكوين القياسية وهذا صعب لان المعادلة ليست من عناصر اولية والمتكون اكثر من مول . او عن طريق استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية بالاعتماد على انثالبي التفاعل القياسية وهذا يتطلب امرين

اولا :- ايجاد انثالبي التفاعل القياسية وسيتم استخراجها بالاعتماد على معلومات المسعر.

ثانيا: - معادلة للتفاعل وسيتم كتابتها بالاعتماد على احتراق الاستيلين .

٢- تم استخراج كمية حرارة المسعر المنبعثة بوحدة كيلو جول لكل مول واحد بخطوتين لان كمية الحرارة معطاة بالسؤال وبوحدة الكيلو جول وبذلك الغيت الخطوة الاولى والثانية والخامسة.

نصيحة اذا وجدت في سؤال ΔHf° لمركب ما مجهولة وهناك ΔHf° لمركبات اخرى في نفس السؤال معلومة فاستخدم القانون

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

1-14 العمليات التلقائية

هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي ومن الأمثلة عليه.

- سقوط الماء من أعلى الشلال ولكن صعوده أليه مستحيل.
- انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ولكن عكس العملية صحيح.
- ذوبان قطعة السكر في كوب من القهوة ولكن السكر المذاب لا يتجمع تلقائيا كما في شكله الابتدائي.
- انجماد الماء تلقائيا تحت 0C° وينصهر الجليد تلقائيا فوق 0C°.
- يصدأ الحديد تلقائيا عندما يتعرض للأوكسجين والرطوبة ولكن صدأ الحديد لا يمكن ان يتحول تلقائيا الى الحديد .
- يتمدد الغاز تلقائيا في الإناء المفرغ من الهواء ولكن تجمعها في نفس الإناء عملية غير تلقائية.

لنسأل ألان ما هو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائيا؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟.

ان احد الأجوبة الأكثر قبولا هو ان جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية اي الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام. طاقة اقل يعني اكثر استقرار

س/ هل ان كل تفاعل تلقائي هو باعث للحرارة

ج/ كلا و لسبب بسيط هو انه هناك تغيرات فيزيائية وكيميائية تحدث تلقائيا وتكون ماصة للحرارة .

- انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية رغم انها ماصة للحرارة.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 6kJ$$

- اغلب عمليات التفكك تحدث تلقائيا بدرجات الحرارة العالية وهي تلقائية.

مما تقدم يمكن القول انه التفاعلات الماصة للحرارة ممكن ان تحدث تلقائيا وكذلك التفاعلات الباعثة للحرارة ان تكون غير تلقائية بمعنى اخر لا يمكننا ان نقرر التفاعل تلقائي هو باعث او ماص للحرارة ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج الى دالة ثرموداينمكية جديدة تسمى الانتروبي (S).

1-15 الانتروبي (S).

هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمز لها بالحرف (S).

- ان سبب إدخال دالة الحالة الانتروبي للتنبؤ بتلقائية التفاعل.
- كلما كان الانتظام قليلا في النظام (عشوائية اكبر) كانت قيمة الانتروبي كبيرة والعكس صحيح.
- ان الانتروبي دالة حالة شانها شان الانثالبي لذا لا يمكن قياس القيم المطلقة لها وانما يقاس التغير الحاصل في الانتروبي.

$$\Delta S = S_f - S_i$$

حيث S_f الانتروبي النهائية S_i الانتروبي الابتدائية

ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية السابقة والتي تجري بشكل تلقائي يرافقها دائما زيادة في الانتروبي) فكلوريد الامونيوم يذوب في الماء تلقائيا.

$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH_4^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \qquad \Delta H_r^\circ = 14kJ$$

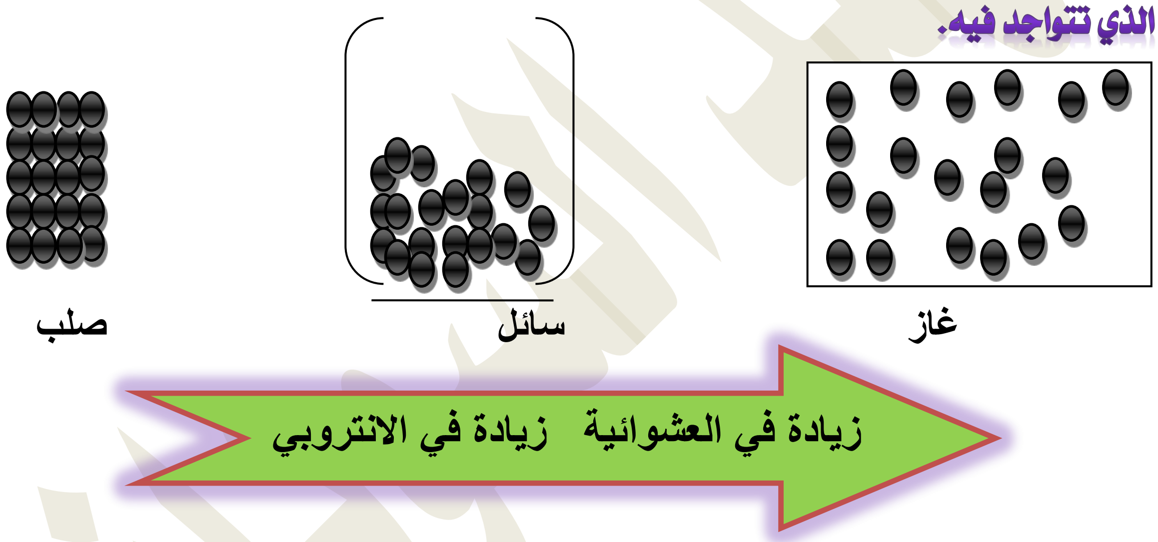
يصاحب عملية الذوبان هذه تكون ايونات في المحلول المائي التي هي اقل انتظاما من جزيئات كلوريد الامونيوم الصلب وعندما يتبخر الماء السائل تكون جزيئات الماء اقل انتظاما اي أكثر عشوائية

بشكل عام (أحفظ)

انتروبي الحالة الغازية دائما أكبر من انتروبي الحالة السائلة الذي هو اكبر من انتروبي الحالة الصلبة.

بعض الحالات التي تؤدي الى زيادة الانتروبي للنظام.

- في عملية الانصهار للمواد الصلبة تكون الذرات او الجزيئات في الحالة الصلبة محصورة في مواقع ثابتة وعند الانصهار فان هذه الذرات او الجزيئات تبدأ بالحركة لذا تتحرك خارج الشبكة البلورية مما يزيد من عشوائيتها.
- في عملية التبخر للحالة السائلة تؤدي الى زيادة الانتروبي أيضا وهي اكبر بكبير من تلك الزيادة في عملية الانصهار (علل) بسبب ان الذرات والجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي أكثر لملئ الفراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه.



خلاصة مهمة جدا جدا

- عند التحول من الصلب الى السائل تزداد الانتروبي $+\Delta S$ ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام
- عند التحول من السائل الى البخار تزداد الانتروبي $+\Delta S$ ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام.
- عند ذوبان صلب او سائل في مذيب وتكون محلول تزداد الانتروبي. ذوبان غاز يقل الانتروبي.
- التسامي زيادة في الانتروبي. يعني كل تسخين زيادة كل تبريد يقل الانتروبي
- كل تسخين زيادة في الانتروبي كل تبريد يقل الانتروبي
- اذا كانت عدد مولات الناتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات زيادة في الانتروبي.
- اذا كانت عدد مولات الناتج اقل من عدد مولات المتفاعلات يقل الانتروبي.
- عند زيادة الضغط يقل الانتروبي (لماذا).
- في تفاعل ما كان نفس عدد المولات في النواتج والمتفاعلات فالطرف الذي فيه عدد أكثر من المواد هو الذي يكون فيه زيادة في الانتروبي مثل التفاعل ادناه

$$2HBr(g) \longrightarrow H_2(g) + Br_2(g)$$

مثال (9-1) تنبأ اذا كان التغير في الانتروبي ΔS أكبر او اقل من الصفر للعمليات التالية؟

أ) تجمد كحول المثيل.

ب) تبخر سائل البروم.

جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء.

د) تبريد غاز النتروجين من 80C° الى 20C°

الأجـــوبـــة

أ) الانجماد تحول من الحالة السائلة الى الصلبة اي يقل الانتروبي وبالتالي ($\Delta S < 0$)

ب) تبخر البروم تحول من سائل الى غاز يزيد من الانتروبي ($\Delta S > 0$).

جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء يؤدي الى انتشار جزيئاته وبالتالي زيادة في الانتروبي أكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

د) يقلل تبريد غاز النتروجين من 80C° الى 20C° من جزيئات N_2 فتقل الانتروبي ($\Delta S < 0$).

تمرين (1- 12) كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات التالية.

أ) تكثيف بخار الماء.

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع.

جـ) تسخين غاز الهيدروجين من 20C° الى 80C°.

د) تسامي اليود الصلب.

أ) تحول بخار الماء الى سائل (تكثيف) يقلل من عشوائية النظام اي يقل الانتروبي.

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع يقلل من عشوائية النظام اي يؤدي الى نقصان في الانتروبي.

جـ) تسخين غاز الهيدروجين من 20C° الى 80C° من يزيد من جزيئات الهيدروجين مما يؤدي الى زيادة في العشوائية الانتروبي.

د) التسامي هو التحول من الطور الصلب الى الغازي اي زيادة في الانتروبي

سؤال 1-17 من أسئلة الفصل/ ماذا تعني العملية التلقائية وضح ذلك ثم أعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية.

الجواب / هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي. ومن الامثلة عليها ١ سقوط الماء من أعلى الشلال ٢ ذوبان قطعة السكر في الماء.

ومن الامثلة على غير التلقائية ١ تسلق قمة جبل ايفرست ٢ تجمع السكر الى شكله الابتدائي.

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

يمكننا علم الثرموداينمك من حساب قيمة الانتروبي المطلقة التي سيكون رمزها S° لجميع العناصر والمركبات والتي يمكن استخدامها لقياس التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ من العلاقة التالية.

$$\Delta S_r° = \sum nS° \text{ (Products)} - \sum nS° \text{ (Reactants)}$$

حيث n عدد المولات للمواد المتفاعلة (Reactants) والناتجة (Products) , $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب $\Delta S_r°$ للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta S_r° = [\, gS° (G) + hS° (H) \,] - [aS° (A) + bS° (B)]$$

مثال (10-1) احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2\,(g)}$$

اذا علمت ان $S°(CO) = 198\ J/K.mol$ $S°(O_2) = 205 J/K.mol$ سلطان

$S°(CO_2) = 214\ J/K.mol$

الحـــــــل/

$$\Delta S_r° = \sum nS°(Products) - \sum nS°(Reactants)$$
$$\Delta S_r° = [\,2S°(CO_2)\,] - [\,2S°(CO) + S°(O_2)]$$
$$\Delta S_r° = [\,(2 \times 214)\,] - [\,(2 \times 198) + 205]$$
$$\Delta S_r° = (428) - (601) = -173\ J/K.mol$$

تمرين (13-1) احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$4FeO_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3\,(s)}$$

اذا علمت ان $S°(Fe_2O_3) = 87\ J/K.mol$ $S°(O_2) = 205 J/$

$S°(FeO) = 27\ J/K.mol$

الحـــــــل/

$$\Delta S_r° = \sum nS°(Products) - \sum nS°(Reactants)$$
$$\Delta S_r° = [\,2S°(Fe_2O_3)\,] - [\,4S°(FeO) + 3S(O_2)]$$
$$\Delta S_r° = [\,(2 \times 87)\,] - [\,(4 \times 27) + (3 \times 205)] =$$
$$\Delta S_r° = (174) - (723) = -549\ J/k.mol$$

واجب من اسئلة الفصل احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2\,(s)} + 2H_2O(l)$$

اذا علمت ان $S°(SiH_4) = 206\ J/K.mol$ $S°(O_2) = 205 J/mol$

$S°(SiO_2) = 42\ J/K.mol$ $S°(H_2O) = 70 J/mol$

واجب/ الناتج -434kJ/mol

1-16 طاقة كبس الحرة (G).

وجد العالم كبس علاقة تربط بين الانثالبي(H) والانتروبي (S) تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل بشكل ابسط من الاعتماد على استخدام قيم الانثالبي والانتروبي. ولذا يمكن تعريفها بالشكل التالي

طاقة كبس الحرة(G) : هي دالة حالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانتروبي والانثالبي.

ان التغير في طاقة كبس الحرارة يمثل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

إما كيف تعد مؤشرا لتلقائية التفاعل من إشارتها وبالصورة الآتية

١- ΔG قيمة سالبة ($\Delta G < 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي تلقائي.
٢- ΔG قيمة موجبة ($\Delta G > 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي.
٣- ΔG صفر ($\Delta G = 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان.

1-16-1 طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل (ΔG_r°).

سؤال (1-34) من اسئلة الفصل / عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها؟

الجواب / هي مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول من اي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية عند حرارة 25C° وضغط 1atm ويرمز لها ΔG_f° ووحداتها kJ/mol

ويمكن أيجاد قيم طاقة كبس الحرة للتفاعل القياسية بمعادلة تشبه معادلة أيجاد انثالبي التفاعل القياسية.

$$\Delta G_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ\ (Products) - \sum n\Delta G_f^\circ\ (Reactants)$$

فللتفاعل العام

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يكون التغير في طاقة كبس الحرة القياسية لهذا التفاعل.

يمكن حساب ΔG_r° للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta G_r^\circ = [\, g\Delta G_f^\circ\ (G) + h\Delta G_f^\circ\ (H)\,] - [a\Delta G_f^\circ\ (A) + b\Delta G_f^\circ\ (B)]$$

مثال (1-11) احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟

ملاحظة في اسئلة طاقة كبس الحرة يجب ذكر التفاعل تلقائي ام لا حتى وان يطلب ذلك في السؤال

$$2C_6H_{6(l)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$\Delta G_f^\circ\ C_6H_{6(l)} = 173\ kJ/mol$, $\Delta G_f^\circ\ CO_{2(g)} = -394\ kJ/mol$, $\Delta G_f^\circ\ H_2O_{(l)} = -237\ kJ/mol$

الحـــــل/ نستخدم العلاقة التالية

$$\Delta G_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ (P) - \sum n\Delta G_f^\circ (R)$$

$$\Delta G_r^\circ = [12\Delta G_f^\circ (CO_{2(g)}) + 6\Delta G_f^\circ (H_2O_{(l)})] - [2\Delta G_f^\circ (C6H6_{(l)}) + 15\Delta G_f^\circ (O_{2(g)})]$$

$$\Delta G_r^\circ = [(12x\text{-}394) + (6x\text{-}237)] - [(2 \times 173) + 15X0)]$$

$$\Delta G_r^\circ = [(-4728) + (-1422)] - [346] = -6496\ kJ/mol$$ القيمة سالبة التفاعل تلقائي

تمرين (1-14) احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

$\Delta G_f^\circ\ NO_{(g)} = 87\ kJ/mol$, $\Delta G_f^\circ\ NO_{2(g)} = 52\ kJ/mol$

الحـــــــل/نستخدم العلاقة التالية:- $\Delta G_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ (P) - \sum n\Delta G_f^\circ (R)$

$$\Delta G_r^\circ = [2\Delta G_f^\circ (NO_{2(g)})] - [2\Delta G_f^\circ (NO) + \Delta G_f^\circ (O_{2(g)})]$$

$$\Delta G_r^\circ = [(2x52)] - [(2 \times 87) + (0)]$$

$$\Delta G_r^\circ = [104] - [174] = -70\ kJ/mol$$ بما انه القيمة سالبة اذا يجري التفاعل بشكل تلقائي

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية.

تعد معادلة كبس مهمة جدا عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذلك لان استخدام قيم ΔG تغنينا عن اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي.

بصورة عامة يتضمن التغير في الطاقة الحرة ΔG عاملين مهمين يؤثران على تلقائية التفاعل.

العامل الاول :- كلما كان طاقة الانثالبي اقل ما يمكن اي قيمة ΔH سالبة اي تفاعل باعث.

العامل الثاني / كلما كان الانتروبي اعلى ما يمكن وتكون التلقائية اكثر احتمالا اذا كانت قيمة ΔS موجبة (والسبب لانه ΔS توجد ضمن الحد (TΔS) لذا اذا كانت قيمتها أعلى من ΔH ستصبح قيمة ΔG سالبة اي التفاعل تلقائي)

خلاصة مهمة وتوضيحية للعاملين أعلاه.

تأثير درجة الحرارة	ΔG	ΔS	ΔH
ليس هناك تأثير لدرجة الحرارة والتفاعل دائما يكون غير تلقائي	+	—	+
ليس هناك تأثير لدرجة الحرارة والتفاعل دائما يكون تلقائي	—	+	—
يكون التفاعل غير تلقائي عندما يكون الحد TΔS اصغر من الحد ΔH	+	+	+
بارتفاع درجة الحرارة يصبح الحد TΔS أكبر من الحد ΔH ويصبح التفاعل تلقائي	—	+	+
يكون التفاعل تلقائي عندما يكون الحد TΔS اصغر من الحد ΔH	—	—	—
بارتفاع درجة الحرارة يصبح الحد TΔS أكبر من الحد ΔH ويصبح التفاعل غير تلقائي	+	—	—

ملاحظات

١- حينما تكون الإشارة مختلفة ليس هناك تأثير لدرجة الحرارة ولاحظ أيضا انه اشارة ΔH مشابهة لإشارة ΔG

٢- تأثير درجة الحرارة يظهر في تشابه أشارة الانثالبي والانتروبي.

ملاحظات أخرى قبل الدخول في الأسئلة الخاصة بكبس

١- للتذكير ΔG سالبة التفاعل تلقائي ΔG موجبة التفاعل غير تلقائي.
٢- عمليات الانصهار – التبخر (الغليان) – التسامي عمليات ماصة للحرارة اي ΔH موجبة وهي أيضا عمليات تزداد فيها العشوائية اي ΔS موجبة أيضا.
٣- عمليات الانجماد(التبلور) - التكثيف (الندى) – التصلب هي عمليات باعثة للحرارة اي ΔH سالبة وايضا عمليات تقل فيها العشوائية اي ΔS سالبة.
٤- حينما يقول مسبب انخفاض درجة حرارة المحلول اي العملية ماصة. والعكس باعثة .
٥- ذوبان صلب أو سائل زيادة الانتروبيΔS موجبة وعلى الأغلب هي عمليات ماصة.
٦- ذوبان غاز يقل الانتروبيΔS سالبة وهي عمليات باعثة.
٧- عملية تحلل تفكك (ماصة - عشوائية) الاندماج (باعثة تقل العشوائية).
٨- أهم نقطة هو انه سواء قال العملية تلقائية او غير تلقائية نحن نفترض حدوثها لكن ان قال تلقائية يجب أثبات ΔG قيمة سالبة وان قال لا تتم او غير تلقائية يجب إثباتها موجبة.

جدول يلخص الدوال الثرموداينمكية من حيث الوحدات والاشارات (مهم جدا) سؤال ١٢ من اسئلة الفصل			
الدالة	الوحدة	+	ـــ
الانثالبي	kJ/mol	العملية ماصة	العملية باعثة
الانتروبي	J/K.mol	العملية عشوائية	العملية غير عشوائية
طاقة كبس الحرة	kJ/mol	العملية غير تلقائية	العملية تلقائية

السؤال 30 من اسئلة الفصل علل ما يأتي وفق علاقة كبس مع امثلة اضافية اخرى وواجبات.

١- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية.
ج / ١- العملية تلقائية ΔG سالبة
٢- العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.
٣- العملية تحول من النظام الى اللاانظام ايΔS موجبة
والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

□ـــ = (ـــ أكبر) + = (+) – (+)

٢- لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية
ج / ١- العملية غير تلقائية ΔG موجبة.
٢- العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.
٣- العملية تحول من النظام الى اللاانظام ايΔS موجبة
والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

□+ = (ـــ اصغر) + = (+) – (+)

٣- يذوب غاز SO_2 في الماء ويبعث حرارة عالية.
ج / ١- العملية تلقائية ΔG سالبة.
٢- العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.
٣- العملية تحول من اللاانظام الى النظام ايΔS سالبة.
والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

□ـــ = (+ اصغر) ـ = (ـ) – (ـ)

٤- لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بالحرارة الاعتيادية.
ج / ١- العملية غير تلقائية ΔG موجبة.
٢- العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.
٣- العملية تحول من النظام الى اللاانظام ايΔS موجبة
والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

+ = (ـــ اصغر) + = (+) – (+)

٥ـ تفكك اوكسيد الزئبق II تلقائي دائما بدرجات الحرارة العالية

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (اكبر ــ) = ــ

٦ـ يتجمد الماء تلقائيا بدرجات الحرارة المنخفضة وليس الظروف الاعتيادية؟

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية باعثة للحرارة ΔH سالبه.

٣ـ العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(ــ) – (ــ) = ــ (اصغر +) = ــ

٧ـ يتحلل الاوزون الى الاوكسجين تلقائيا بالظروف الاعتيادية

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة .

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (اكبر ــ) = ــ

٨ـ بعض الاملاح تذوب تلقائيا بالرغم انه عملية ذوبانها تصاحبها امتصاص حرارة

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (اكبر ــ) = ــ

امثلة اضافية وواجبات

يسيل غاز النتروجين بالتبريد

عدم حدوث الندى في فصل الصيف

سقوط الامطار في فصل الشتاء

لا ينصهر الثلج في درجات الحرارة المنخفضة

يمكن استخدام علاقة كبس اذا تم قياس قيمة $\Delta Hr°$ و $\Delta Sr°$ للتفاعل عند الظروف القياسية $25C°$ وضغط $1atm$ على الصورة الآتية.

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

سؤال (15-1) جد قيمة $\Delta G°_r$ للتفاعل الاتي

$$2CO_{(g)} + O_2 \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية

$\Delta H°_f (CO) = -110.5$ kJ/mol $\Delta H°_f (CO_2) = -393.5$ kJ/mol

$S° (CO) = 198$ J/K.mol $S° (CO_2) = 214$ J/K.mol $S° (O_2) = 205$ J/K.mol

الحـــــــــل/

نجد اولا قيمة $\Delta H°_r$

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f° CO_{2(g)})] - [(2\Delta H_f° CO_{(g)}) + (\Delta H_f° O_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r° = [(2 X -393.5)] - [(2 X -110.5) + (0)]$$

$$\Delta H_r° = (-787) - (-221) = -566 \text{ k J/mol}$$

ثم نجد قيمة $\Delta S°_r$

$$\Delta S_r° = \sum nS° (Products) - \sum nS° (Reactants)$$

$$\Delta S_r° = [2S° (CO_2)] - [2S° (CO) + S°(O_2)]$$

$$\Delta S_r° = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r° = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$

نحول الان قيمة $\Delta S°_r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r° (kJ/K.mol) = -173 \text{ J/K.mol} \times \frac{1KJ}{1000J} = -0.173 \text{ k.J/K.mol}$$

$$T_{(K)} = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = -566 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times -0.173 \text{ k.J/K.mol})$$

$$\Delta G_r° = -566 \text{ kJ/mol} - (-51.554 \text{ kJ/mol}) = -514.4 \text{ kJ/mol}$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

سؤال (1- 22) للتفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

أحسب قيمة $\Delta Sr°$ للتفاعل بوحدات J/K.mol

علما ان $\Delta H°_f (H_2O) = -242 KJ/mol$ / $\Delta G°_f (H_2O) = -228 KJ/mol$

الحـــــــل/

نستخرج قيمة $\Delta H°_r$ للتفاعل

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f° H_2O)] - [(2\Delta H_f° H_2) + (\Delta H_f° O_2)]$$

$$\Delta H_r° = [(2 X -242)] - [(0) + (0)] = -484 \text{ kJ/mol}$$

نستخرج قيمة $\Delta G°_r$ للتفاعل

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$$

$$\Delta G_r° = [(2\Delta G_f° H_2O)] - [(2\Delta G_f° H_2) + (\Delta G_f° O_2)]$$

$$\Delta HG_r° = [(2 X -228)] - [(0) + (0)] = -456 \text{ kJ/mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$T\Delta S°r = \Delta H_r° - \Delta G°r$$

$$\Delta S°r = \frac{\Delta Hr° - \Delta G°r}{T}$$

$$\Delta S°r = \frac{-484 KJ/mol + 456 KJ/mol}{298 K} = \frac{-28 Kl/mol}{298 K} = -0.094 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta S°r_{(J/K.mol)} = 0.094 kJ/K.mol \times 1000 J/kJ = -94 J/K.mol$$

انتبه جيدا وفرق بين $\Delta G°_r$ و $\Delta G°_f$ ونفس الامر ينطبق على $\Delta H°_r$ و $\Delta H°_f$ □

للتذكير قيم الانثالبي والطاقة الحرة للعناصر في حالتها القياسية = 0

مثال (12-1)

للتفاعل الأتي : $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

بالاستعانة بالمعلومات التالية.

المادة	ΔH_f° kJ/ mol	S° J/K. mol
$C_2H_5OH_{(l)}$	-278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(l)}$	-286	70

أحسب أ) ΔH_r° ب) ΔS_r° ج) ΔG_r° عند الظروف القياسية.

الحل / أ) حساب ΔH_r°

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ\,(Products) - \sum n\Delta H_f^\circ\,(Reactants)$$

$$\Delta H_r^\circ = [2\Delta H_f^\circ(CO_2) + 3\Delta H_f^\circ(H_2O)] - [\Delta H_f^\circ(C_2H_5OH) + 3\Delta H_f^\circ(O_2)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2X-394) + (3\,X\,-286)] - [-278 + (3\,X\,0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-788) + (-858)] - [-278] = -1368\ kJ/\,mol$$

ب) حساب ΔS_r°

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ\,(Products) - \sum nS^\circ\,(Reactants)$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ(CO_2) + 3S^\circ(H_2O)] - [S^\circ(C_2H_5OH) + 3S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(2X214) + (3\,X\,70)] - [161 + (3\,X\,205)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(428) + (210)] - [161 + 615] = -138\ J/K.\,mol$$

$$\Delta S_r^\circ\,(kJ/K.\,mol) = -138\ J/K.\,mol\ \ X\ \frac{1KJ}{1000\,J} = -0.138\ k.J/K.\,mol$$

جـ) حساب ΔG_r° نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T(K) = t(C^\circ) + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -1368\ kJ/\,mol - (298K\ X\ -0.138\ k.J/K.\,mol)$$

$$\Delta G_r^\circ = -1368\ kJ/\,mol - (-41.124\ kJ/\,mol) = -1327\ kJ/\,mol$$

بما ان قيمة ΔG_r° سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

تمرين (1-13) احسب ΔG_r° للتفاعل الأتي عند الظروف القياسية ☐

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

حيث تم حساب قيمة ΔH_r° وكانت تساوي -3536 kJ/ mol ☐

وكذلك تم حساب ΔS_r° وكانت = 374 J/K. mol ☐

الحـــــل/ اولا نحول وحدات ΔS_r° الى k.J/K. mol ☐

$$\Delta S_r^\circ \text{ (kJ/K. mol)} = 374 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000\,J} = 0.\,374 \text{ k.J/K. mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K ☐

$$T(K) = t(C^\circ) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536 \text{ kJ/ mol} – (298K \times 0.\,374 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536 \text{ kJ/ mol} – (111.425 \text{ kJ/ mol}) = -\,3647.425 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة ΔG_r° سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

تمرين (1-14) اذا كان لدينا التفاعل الأتي / واجـــــــــــــــــــــــــــــب ☐

$$HCOOH \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

فاذا كانت قيمة ΔH_r° تساوي 16 kJ/ mol ☐

و التغير في الانتروبي ΔS_r° = 234 J/K. mol

احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm ☐

وهل التفاعل تلقائي ام غير تلقائي ☐

الجواب / للتأكد من الحل سيكون الناتج -53.7kJ/mol

تمرين (17-1) التفاعل الغازي الاتي $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_2$ ((واجب))

أ) احسب $\Delta G°r$ مبينا هل يحدث التفاعل ام لا ولماذا؟

ب) احسب $\Delta H°r$ مبينا هل يحدث التفاعل ماص ام باعث للحرارة ولماذا؟

ج) $\Delta S°r$ مبينا هل التفاعل يتحول الى حالة اكثر انتظاما ام اقل انتظاما

علما ان $\Delta G°f$ و $\Delta H°f$ لـ NO_2 هي على التوالي (43 ، 52) مقاسة بوحدات kJ/mol

سؤال (1-11) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتيــــــــــــــــــــة

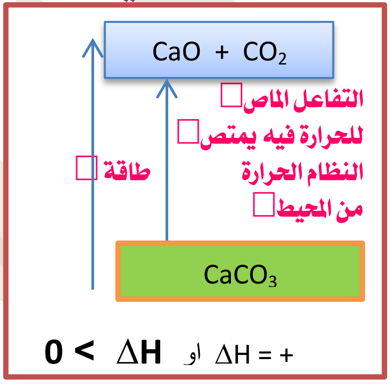
$$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

قيمة $\Delta S°_r$ = 160 J/K.mol فاذا علمت ان $\Delta H°_f$ لكل من CO_2 و CaO و$CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات kJ/mol (-1207,-635,-393.5) جد

1- $\Delta H°_r$ للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة 2- $\Delta G°_r$ للتفاعل.

3 – درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي.

1) نجد اولا قيمة الانثالبي ومخطط الطاقة



$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(\Delta H_f° CaO) + (\Delta H_f° CO_2)] - [(\Delta H_f° CaCO_3)]$$

$$\Delta H_r° = [(-635) + (-393.5)] - [(-1207)]$$

$$\Delta H_r° = (-1028.5) + (1207) = 178.5 \ kJ/mol$$

2) ايجاد قيمة $\Delta G°_r$

نحول الان قيمة $\Delta S°_r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r° (kJ/K.mol) = 160 \ J/K.mol \ X \ \frac{1KJ}{1000\,J} = 0.16 \ k.J/K.mol$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 178.5 \ kJ/mol - (298K \ X \ 0.16 \ k.J/K.mol)$$

$$\Delta G_r° = 178.5 \ kJ/mol - (47.68 \ kJ/mol) = 130.82 \ kJ/mol$$

3) لايجاد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي

نفرض التفاعل متوازن حيث ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$\Delta G°_r = \Delta H°_r - T\Delta S°_r \longrightarrow T = \frac{\Delta Hr}{\Delta Sr} = \frac{178.5 \ kJ/mol}{0.16 \ kJ/K.mol} = 1115.6 \ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر 1115.6 من لكي يصبح التفاعل تلقائي.

سؤال (7-1) للتحول $H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(s)}$ وجد ان $\Delta H = 6kJ$ و $\Delta S = 22J/K.mol$ بين ذلك رياضيا مع ذكر السبب في اي درجة حرارة يكون تحول الجليد الى سائل تلقائيا عند 250 K ام عند 300K؟

الحل / نجد ΔG عند 250K

اولا نحول ΔS الى وحدات الكيلو جول

$$\Delta S_r^\circ (kJ/K.mol) = 22\ J/K.mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.022\ k.J/K.mol$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 6 - (250 \times 0.022)$$

$(6 - 5.5) = 0.5\ k.J/mol$ الاشارة موجبة التحول غير تلقائي

نجد ΔG عند 300K

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 6 - (300 \times 0.022)$$

$(6-6.6) = -0.6$ الاشارة سالبة التحول تلقائي

سؤال (14-1) التفاعلات الاتية عند 25C°

$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \longrightarrow HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$ $\Delta Hr^\circ = -91kJ$ $\Delta Gr^\circ = -103.72kJ$

$3Fe_2O_3 \longrightarrow 2Fe_3O_4 + \frac{1}{2}O_2$ $\Delta Hr^\circ = 235.8kJ$ $\Delta Gr^\circ = -195.7kJ$

على فرض ان ΔHr° و ΔSr° لكلا التفاعلين لا تتغير عند درجة الحرارة جد

أ) ΔGr° للتفاعل الاول عند 65C° ب) ΔGr° للتفاعل الثاني عند 1000K

حل فرع أ – نجد ΔSr° نجدها من المعلومات المتوفرة

نحول اولا درجة الحرارة الى وحدات الكلفن

$T(K) = t(C^\circ) + 273 = 25 + 273 = 298K$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$T\Delta S^\circ r = \Delta H_r^\circ - \Delta G^\circ r$$

$$\Delta S^\circ r = \frac{\Delta Hr^\circ - \Delta G^\circ r}{T}$$

$$\Delta S^\circ r = \frac{(-91kJ) - (-103.72kJ)}{298\ K}$$

$$\Delta Sr = 0.042\ kJ/K$$

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r$$

$$\Delta G^\circ_r = (-91) - (338 \times 0.042)$$

$$\Delta G^\circ_r = (-91) - (14) = -105\ kJ$$

ب) واجب والناتج 102KJ او ما يقارب

سؤال(15-1) للتفاعل $2O_3 \longrightarrow 3O_2$ عند $25C°$ وضغط 1atm

قيمة $S°$ لـ O_2 = 205J/K.mol و $S°$ لـ O_3 = 239J/K.mol

وقيمة $\Delta Gf°$ لـ O_3 = 163/kJ/mol احسب $\Delta Hf°$ لـ O_3

الحـــــــــل/

اولا نستخرج $\Delta S_r°$

$$\Delta S_r° = \sum nS° (Products) - \sum nS° (Reactants)$$

$$\Delta S_r° = [2S°(O_3)] - [3S°(O_2)]$$

$$\Delta S_r° = [(2 \times 239)] - [(3 \times 205)]$$

$$\Delta S_r° = [(478)] - [615] = -137 \text{ J/K. mol}$$

$$\Delta S_r° \text{ (kJ/K. mol)} = -137 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000J} = -0.137 \text{ k.J/K. mol}$$

نستخرج قيمة $\Delta G°_r$ للتفاعل

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$$

$$\Delta G_r° = [(2\Delta G_f° O_3)] - (3\Delta G_f° O_2)]$$

$$\Delta G_r° = [(2 \times 163)] - [(0)] = 326 \text{ kJ/mol}$$

نجد درجة الحرارة بوحدات الكلفن

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

نستخرج قيمة $\Delta H°_r$ للتفاعل

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta H_r° = \Delta G°r + T\Delta S°r$$

$$\Delta H_r° = 326 + (298 \times -0.137)$$

$$326 - 40.8 = 285.2 \text{ kJ/mol}$$

الان نجد انثالبي التكوين القياسية للاوزون بالاعتماد على هذا القانون

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f° O_3)] - [(3\Delta H_f° O_2)]$$

$$285.2 = [(2X)] - [(0)]$$

$$285.2 = 2X$$

$$X = \frac{285.2}{2} = 142.6 \text{ kJ/mol}$$

17-1 حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية

درجة حرارة الانصهار (T_m) هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها الصلبة الى السائلة.

درجة حرارة الغليان (T_b) هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها السائلة الى الغازية.

- ان هاتان الدرجتان الانصهار والغليان تجريان عندما تحدث اتزان بين ضغط بخار الماء الصلب او السائل مع الضغط الجوي هذا يعني ان قيمة ΔG عند هذه الدرجات = صفر اي تصبح علاقة كبس بالصورة التالية $\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$
- وعليه ستكون معادلة الانصهار بالشكل $\Delta Sfus = \frac{\Delta Hfus}{Tm}$ حيث fus تعني انصهار T_m درجة الانصهار.

ومعادلة التبخر (الغليان) $\Delta Svap = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$ حيث vap تعني تبخر T_b درجة الغليان.

- وجد العالم تروتن ان قيمة $\Delta S = 85J/K.mol$ لأغلب السوائل لذا تصبح معادلة الغليان بالشكل الاتي

$$\frac{85J}{K}.mol = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$$

- ملاحظة/ هذه المعادلة نستخدمها عندما لا نجد انتروبي معطى او مطلوب

مثال (13-1) احسب انثالبي التبخر ΔH_{vap} للهكسان عند الاتزان بوحدة kJ/mol اذا علمت ان درجة غليانه = 69C ؛

الحـــــــل/ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T(K) = t(C°) + 273 = 69 + 273 = 342\ K$$

$$85J/K.mol = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$$

$$\Delta H_{vap} = 85J/K.mol \ X\ 342K = 29070\ J/mol$$

$$\Delta H_{vab}°\ (J/.mol) = 29070\ J/.mol \quad X\ \frac{1KJ}{1000\ J} = 29.07\ k.J/mol$$

تمرين (15-1) احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي $H_2O_{(l)} = H_2O_{(g)}$

عند درجة غليان 100C° علما ان $\Delta H_{vab}° = 44kJ/mol$

الحـــــــل/ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T(K) = t(C°) + 273 = 100 + 273 = 373\ K$$

$$\Delta Svap = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$$

$$\Delta Svap = \frac{44kJ/mol}{373K} = 0.118kJ/K.mol$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118kJ/K.mol \ X\ 1000\ J/kJ = 118\ J/K.mol$$

علل/ قيمة ΔSr لمعظم السوائل قيمة ثابتة وهي 85J/K.mol.

ج/ لوجود تشابه في حركة جزيئات السوائل وتركيبها وحركة ابخرتها.

اذهب الى ص 45 سؤال 26

حل اسئلة الفصل الاول

1-1/ اختر الجواب الصحيح مع بيان السبب بوضوح

١ـ يتفاعل فلز الصوديوم مع الماء ويكون محلول هيدروكسيد الصوديوم مع انبعاث حرارة فان

أـ $\Delta G > 0$ بـ $\Delta S > 0$ جـ $\Delta H > 0$

الجواب/ فرع ب/ لان تحول الصوديوم من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة تزاد العشوائية وبالتالي تكون قيمة ΔS موجبة وبالتالي اكبر من الصفر .

٢ـ يتسامى الجليد تلقائيا عندما تكون

أـ $\Delta H < T\Delta S$ ب) $T\Delta S < \Delta H$ ج) $\Delta H = T\Delta S$

الجواب/ فرع ب/

ج /١ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH او يمكن القول الحد ΔH < من الحد $T\Delta S$

وعليه الجواب الصحيح فرع أ

٣ـ عند زيادة الضغط على غاز في اناء مغلق بدرجة حرارة ثابتة فان قيمة ΔS تصبح

أـ موجبة بـ سالبة ج – صفر

الجواب/فرع ب/لان بزيادة الضغط تقل المساحة السطحية للجزيئات وبالتالي تقل العشوائية وتصبح القيمة سالبة

٤ـ تفاعل ما غير تلقائي حيث قيمة $T\Delta S < \Delta H$ لجعله تلقائي نقترح

أـ تبريد التفاعل ب – تسخين التفاعل جـ لا يمكن جعله تلقائي

الجواب/ فرع ب / تسخين التفاعل لان بتسخين التفاعل ستصبح قيمة $T\Delta S > \Delta H$ وبالتالي يصبح تلقائي.

٥ـ اذا كان تفاعل ما باعثا للحرارة وتصاحبه زيادة في الانتروبي فانه يكون

أـ تلقائي بـ غير تلقائي ج – متزن

الجواب/ فرع أ/ حسب العلاقة التالية

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $\Delta G = (-) - (+) = -$

٦ـ للتفاعل الغازي الاتي

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

فان قيمة $\Delta S°$ للتفاعل :-

أـ صفر ب – موجبة جـ سالبة

الجواب/ فرع ج / لان عدد المولات قل وبالتالي بنقصان عدد المولات تقل العشوائية اي تصبح سالبة

س(1-2) عرف المصطلحات الاتية

النظام والمحيط والمجموعة والنظام المفتوح والنظام المعزول والنظام المغلق راجع الملزمة ص2

دالة الحالة راجع الملزمة ص6 القانون الاول في الثرموداينمك راجع الملزمةص١ الانثالبي راجع الملزمة ص26

الجول : هي وحدة القياس الخاصة بالطاقة وكل $1J = 1Kg.m^2/S^2$

س1ـ13/ ما المقصود بالتعابير الاتية

الكيمياء الحرارية:ـ علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيمائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية

عملية باعثة للحرارة : هي العملية التي تصاحبها تحرر حرارة وهي تحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي سالبة.

عملية ماصة للحرارة :هي العملية التي يصاحبها امتصاص حرارة للنظام من المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي قيمة موجبة.

س1ـ18/ ماذا نعني بدالة الحالة وضح ذلك ثم اعطي مثالين لدالة ومثال على دالة مسار(دالة غير حالة)

دالة الحالة :ـ هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير ومن أمثلة دالة الحالة الانثالبي والانتروبي ومن الامثلة على دالة مسار (دالة غير حالة) الشغل

س1ـ19/ لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية؟

ج/ لان كمية الحرارة الممتصة او المنبعثة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة

س1ـ20/ ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية؟ ما وحدات هاتين الكميتين؟

الحرارة النوعية	السعة الحرارية
هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة	هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدرة بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة
وحداتها ($J/g.C°$) ويرمزلها (S)	وحداتها ($J/ C°$) ويرمزلها (C)
هي من الخواص المركزة.	هي من الخواص الشاملة.

س1ـ21/ ما الفرق الخواص المركزة والخواص الشاملة مع اعطاء امثلة لكل منهما

الخواص المركزة	الخواص الشاملة
هي تلك الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة	هي تلك الخواص التي تعتمد على كمية المادة
من الامثلة عليها درجة الحرارة والكثافة	من الامثلة عليها الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة

س(26-1) ما قيمة ΔS لانصهار الجليد بوحدات J/K.mol اذا علمت ان انثالبية التكوين القياسية للماء تساوي -286 kJ/mol وانثالبية التكوين القياسية للجليد تساوي -292 kJ/mol

الحل/

معادلة تكوين سائل الماء معادلة رقم١

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H=-286\ kJ/mol$$

معادلة تكوين الجليد معادلة رقم ٢

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(s)} \qquad \Delta H=-292\ kJ/mol$$

معادلة انصهار الجليد هي

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

وللحصول على المعادلة اعلاه

تبقى المعادلة الاولى كما هي نقلب المعادلة الثانية

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H=-286\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H=+292\ kJ/mol$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H=+6\ kJ/mol$$

$$T = 0+273 = 273\ K^{\circ}$$

لان درجة انجماد الماء = صفر

$$\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$$

$$\Delta S_{fus} = \frac{6\ kJ/mol}{273K} = 0.022kJ/K.mol$$

$$\Delta S_{fus} = 0.022\ kJ/K.mol \times 1000J/KJ = 22J/K.mol$$

س١راجع ملزمة ص٤٣	س٧راجع ملزمة ص٤٠	س١٣راجع ملزمة ص٤٤	س١٩راجع ملزمة ص٤٤	س٢٥راجع ملزمة ص٣٢
س٢راجع ملزمة ص٤٤	س٨راجع ملزمة ص٢٥	س١٤راجع ملزمة ص٤٠	س٢٠راجع ملزمة ص٤٤	س٢٦راجع ملزمة ص٤٠
س٣راجع ملزمة ص٤	س٩راجع ملزمة ص١٦	س١٥راجع ملزمة ص٤١	س٢١راجع ملزمة ص٤٤	س٢٧راجع ملزمة ص٣٠
س٤راجع ملزمة ص٤	س١٠راجع ملزمة ص٢١	س١٦راجع ملزمة ص٢٥	س٢٢راجع ملزمة ص٤٤	س٢٨راجع ملزمة ص٢٢
س٥راجع ملزمة ص٥	س١١راجع ملزمة ص٣٩	س١٧راجع ملزمة ص٢٨	س٢٣راجع ملزمة ص٢١	س٢٩راجع ملزمة ص١٠
س٦راجع ملزمة ص٣٤	س١٢راجع ملزمة ص٣٢	س١٨راجع ملزمة ص٤٤	س٢٤راجع ملزمة ص١٠	س٣٠راجع ملزمة ص٣٢

تمت بعونه تعالى

رحلة التفوق في السادس

عطاء بلا حدود

أ.د مينا الأحمد أ.د اشرف الوائلي

saja aljumaily

2017

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي

الفرع التطبيقي

الاستاذ : مهند السوداني

الفصل الثاني

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بيـن ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير .

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشـر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الـى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطـرق الدراسـة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسـوبين علـى الكـادر التدريسي ممن يرفضـون نشـر ملازمهم والتعـاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كـادر الشـبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشـباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسـمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

2 - 1 التفاعلات غير الانعكاسية والتفاعلات الانعكاسية

تقسم التفاعلات الكيميائية حسب اتجاه التفاعل الى

١ـ التفاعلات غير الانعكاسية: وهي التفاعلات الكيميائية والتي يتم فيها(عند ظروف معينة استهلاك احد او جميع المواد المتفاعلة استهلاكا تاما ولا يمكن للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها. مثل أحتراق بنزين السيارات. (التامة)

$$NaOH + HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O$$

٢ـ التفاعلات الانعكاسية: وهي التفاعلات التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى (غير التامة)

أمثلة على تفاعلات انعكاسية.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

او تغيرات فيزيائية مثل تبخر الماء (في نظام مغلق).

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

2 -2 التفاعلات الانعكاسية و حالة الاتزان

كما وضحنا ان اغلب التفاعلات الانعكاسية تستمر باتجاهين متعاكسين بظروف التفاعل نفسها مثلا عند ظروف مناسبة يتفاعل غاز H_2 مع غاز N_2 لتكوين غاز الامونيا في بداية هذا التفاعل يكون التفاعل أمامي سريعا وهو تفاعل سريع يرمز R_f باتجاه تكوين الامونيا بمرور الوقت وبزيادة تركيز الامونيا تتحلل الامونيا الناتجة لتكوين غاز الهيدروجين والنتروجين بسرعة مقدارها R_b (سرعة التفاعل الخلفي) يستمر كل التفاعلين بالاتجاهين المتعاكسين حتى يصل التفاعل الى حالة معينة تتساوى عندها سرعتي التفاعل الامامي والخلفي ($R_f = R_b$) فيصل التفاعل الى حالة تدعى بحالة الاتزان الكيمائي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

حيث k_f تمثل ثابت سرعة التفاعل الأمامي و K_b تمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي

- *تظهر التفاعلات التي تصل حالة اتزان انها توقف لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة في الاتجاهين وعليه يعرف الاتزان الكيميائي بالتعريف ادناه*

الاتزان الكيميائي : هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان (ساكن) اي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الأمامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها.

2-3 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة وغير المتجانسة

التفاعلات الانعكاسية المتجانسة : ـ هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة : ـ هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور مختلف وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

2-4 حالة الاتزان وقانون فعلة الكتلة

عند خلط مول واحد من غاز الهيدروجين مع مول واحد من غاز اليود في اناء التفاعل لتكوين غاز يوديد الهيدروجين عند 445C ° فالمفروض ان يتكون 2 مول من غاز يوديد الهيدروجين.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

لكن وجد عمليا ان الخليط في حالة الاتزان الديناميكي يحتوي 78% من غاز يوديد الهيدروجين و11% من غازي اليود والهيدروجين وبالعكس ايضا اذا سخن غاز HI يعطي الخليط نفس النسب.

اي هناك علاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتراكيز المواد تعرف بقانون فعل الكتلة

قانون فعل الكتلة : ***عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاه كان تتناسب طرديا مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة والناتجة مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية.***

وعند تطبيق قانون فعل الكتلة وللتفاعل اعلاه

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل الخلفي رياضيا وحسب قانون فعل الكتلة كالاتي

$$R_f = K_f [N_2][H_2]^3$$

$$R_b = K_b [NH_3]^2$$

2-5 ثابت الاتزان

اشتقاق معادلة ثابت الاتزان

لنفرض لدينا التفاعل الانعكاسي المتزن الاتي.

$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الأمامي نجد

$$R_f = K_f [A]^a[b]^b \longrightarrow (1)$$

اما عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الخلفي نجدا ان

$$R_b = K_b [G]^g[H]^h \longrightarrow (2)$$

عند حصول الاتزان فان سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي وعليه

$$K_f [A]^a[b]^b = K_b [G]^g[H]^h \longrightarrow (3)$$

وبترتيب معادلة 3 يمكن الحصول على العلاقة التالية.

$$\frac{K_f}{K_b} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \longrightarrow (4)$$

ان قسمة ثابت قيمة k_f على قيمة ثابت k_b هو مقدار ثابت اخر يعرف بثابت الاتزان K_{eq} لذا تصبح معادلة 4 بهذا الشكل.

$$K_{eq} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \qquad (5)$$

ثابت الاتزان K_{eq}: هو النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الأمامي وثابت تناسب سرعة التفاعل الخلفي

ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_c	ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_p
حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.	حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.
$K_c = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b}$ (6)	$K_p = \frac{P_G^g \times P_H^h}{P_A^a \times P_B^b}$ (7)

مثال (2 -1) للتفاعل المتزن الاتي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{k_b}{\overset{k_f}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

وجد ان ثابت سرعة التفاعل الأمامي k_f يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان K_{eq}

الحـــــــل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

تمرين (2 -1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له k_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي له $k_b = 0.02$ احسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي k_f

الحـــــــل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} \Longrightarrow k_f = k_{eq} \times k_b$$

$$k_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

(اضافي1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له k_{eq} يساوي 8.8 وثابت سرعة التفاعل الامامي له $k_f = 2.2$ احسب ثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b واجب الناتج 0.25

ملاحظات مهمة جدا .☐

- في التفاعلات المتجانسة من الطور الغازي يجب ان يشتمل ثابت الاتزان (Kp و Kc) على جميع المواد.
- في التفاعلات غير المتجانسة والتي تحتوي مواد بأكثر من طور فتحذف تهمل المواد الصلبة والمواد السائلة بالنسبة ل Kc وتبقى الغازية والمحاليل المائية.

بينما ل Kp فتهمل الصلبة والسائلة وحتى المحاليل المائية.☐

مثال عام اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.☐

$$2A_{(g)} + 3B_{(l)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 3D_{(s)}$$

$$K_c = \frac{[C]}{[A]^2} \qquad K_p = \frac{1}{P_A^2}$$

تمرين (2-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية والضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية

$$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$
$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$
$$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$$
$$H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$$
$$2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$
$$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

رقم التفاعل	K_c	K_p
الاول	$K_c = \frac{[O_2][CO]^2}{[CO_2]^2}$	$K_p = \frac{P_{CO}^2 \times P_{O2}}{P_{CO2}^2}$
الثاني (واجب)		
الثالث	$K_c = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$	$K_p = \frac{P_{COCl2}}{P_{CO} \times P_{Cl2}}$
الرابع(واجب)		
الخامس	$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$	$K_p = \frac{P_{SO2}^2}{P_{O2}^3}$
السادس	$K_c = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$	1 (لان جميع المحاليل مائية)
السابع(واجب)		

6-2 حساب ثابت الاتزان

هناك 4 أنواع من المسائل لحساب ثابت الاتزان.

النوع الاول : - تكون جميع تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة معلومة حيث يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان للتفاعل المعين عند درجة حرارة ثابتة (ان اي تفاعل في حالة اتزان ويجري عند درجة حرارة ثابتة تكون قيمة Keq ثابتة مهما تغيرت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة).

مثال اضافي٢ جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :

ملاحظة: لانه اعطى تراكيز كتبنا بالقانون K_c بدل من K_{eq}

$$2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$[CH_4] = 0.02M$, $[C_2H_2] = 0.05M$, $[H_2] = 0.143M$

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة K_c

$$K_c = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH4]^2} \qquad K_c = \frac{(0.05)(0.143)^3}{(0.02)^2} = 0.365$$

ملاحظة : من المكمن ان يجعل تركيز نهائي مجهول وباقي التراكيز النهائية معلومة و يعطي ايضا ثابت الاتزان من هذه المعلومات يمكن استخراج التركيز المجهول لاحظ المثال ادناه

مثال اضافي٣/ للتفاعل التالي

$$2CH_{4(g)} \leftarrow C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان ثابت الاتزان = 8 وان تراكيز كل من الاستيلين 0. 4M والميثان 0.02M عند الاتزان جد تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان / الجواب (0.2)

$$K_c = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH4]^2}$$

$$[H_2]^3 = \frac{Kc \; X \; [CH4]^2}{[C_2H_2]}$$

$$[H_2]^3 = \frac{8 \; X \; [0.02]^2}{[0.4]}$$

$$[H_2]^3 = \frac{8 \; X \; 4 \, X \, 10^{-4}}{4 \, X \, 10^{-1}}$$

$$[H_2]^3 = 8 \; X \, 10^{-3}$$ نأخذ الجذر التكعيبي

$$[H_2] = 2 \; X \, 10^{-1} = 0.2M$$

النوع الثاني : - تكون قيمة ثابت الاتزان معلومة وتعطى تراكيز او ضغوط جزيئية ابتدائية للمواد المتفاعلة ومطلوب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند حصول الاتزان (توجد أمثلة يعطي النهائية ويريد الابتدائية).لذا يجب التميز بين التراكيز والضغوط الابتدائية والنهائية.

مثال(2-3) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

خلط 0.5 مول من H_2 و 0.5 مول من I_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 430 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 5.29 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

علما ان $\sqrt{5.29} = 2.3$

الحـــــل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.5\ mol}{1L} = 0.5\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$ ⇌	$2HI_{(g)}$
0.5	0.5	0
-X	-X	+2X
0.5 – X	0.5 – X	2X

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X][0.5 - X]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$2.3 = \frac{[2X]}{[0.5 - X]}$$

⇒ 2X = 1.15 − 2.3X

4.3 X = 1.15

⇒ $X = \frac{1.15}{4.3} = 0.267$ M

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [I_2] = 0.500 - 0.267 = 0.233M$

, $[HI] = 2 \times 0.267 = 0.534M$

تمرين (2-3) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وضع 0.4 مول من H_2 و 0.4 مول من Br_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 425 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 0.25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحـــــل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.4\ mol}{1L} = 0.4\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $Br_{2(g)}$ ⇌	$2HBr_{(g)}$
0.4	0.4	0
-X	-X	+2X
0.4 – X	0.4 – X	2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X][0.4 - X]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$0.5 = \frac{[2X]}{[0.4 - X]}$$

⇒ 2X = 0.2 − 0.5X

2.5 X = 0.2

⇒ $X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08$ M

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [Br_2] = 0.40 - 0.08 = 0.32M$

, $[HBr_2] = 2 \times 0.08 = 0.16M$

امثلة اضافية عن النوع الثاني

مثال اضافي٤ للتفاعل التالي المتزن

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

في وعاء حجمه 1 لتر خلط 3atm من غاز H_2 ومثلها من غاز I_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان قيمة ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية $=10^4$ جد الضغوط الجزيئية عند الاتزان.

الحـــــل/

$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
3	3	0
-X	-X	+2X
3 – X	3 – X	2X

$$K_P = \frac{P_{HI}^2}{P_{H2} \times P_{I2}}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)(3-X)}$$

نجذر الطرفين

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)^2}$$

$$100 = \frac{2X}{3-X}$$

$$\Rightarrow 2X = 300 - 100X$$

$$102\,X = 300$$

$$\Rightarrow X = \frac{300}{102} = 2.94 \text{ atm}$$

لذا الضغوط عند الاتزان

$$P_{H2} = P_{I2} = 3 - 2.94 = 0.06 atm$$

$$P_{HI} = 2 \times 2.94 = 5.88 \text{ atm}$$

مثال اضافي٥/ للتفاعل التالي الغازي الافتراضي

$$A + B \rightleftharpoons 2C$$

وضع 3 مول من A و 3 مول من B في وعاء حجمه 1.5لتر وبحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الاجوبة [A] =[B] =0.57 [C] =2.86

الحـــــل/

مخطط مهم جدا قبل الدخول الى النوع الثالث والرابع

لنفرض التفاعل التالي

$$A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$$

	$A_{(g)}$	$3B_{(g)}$	$2C_{(g)}$	
وضع – سخن – مزج – ادخل ـ قبل التفاعل او التفكك	M	M	0	
ما تفكك – ما تحلل – ما استهلك – ناتج النسبة المئوية	-X	-3X	+2X	زاد بمقدار
	M-X	M-3X	2X	
	المتبقي او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقى		المتكون او الناتج	

اما عبارة جد تراكيز خليط الاتزان او تراكيز الاتزان او التراكيز النهائية فتعني كل التراكيز في الفرضية الثالثة مجهولة.

ملاحظات في غاية الاهمية

١ـ اذا كان السؤال للضغوط نفس المخطط تماما فقط نضع قيم الضغوط بدل قيم التراكيز.

٢ـ المخطط كما موضح من 3صفوف الاول يدعي الفرضية الاولى والثاني الفرضية الثانية والثالث الفرضية الثالثة.

٣ـ اذا ذكر احسب (تراكيز) (عدد مولات) – ضغوط جزيئية خليط مزيج الاتزان هذا يعني حساب التراكيز النهائية اوالضغوط النهائية عند الاتزان (الفرضية الثالثة).

٤ـ اذا ذكر (خلط – وضع – ادخل – سخن – مزج – تراكيز ابتدائية – قبل التفكك.)
يعني ان قيم المواد المعطاة في السؤال او احيانا المطلوبة هي قيم التراكيز الابتدائية (الفرضية الاولى).

٥ـ اذا ذكر كلمة استهلك بمقدار – تفكك – تحلل – ناتج نسبة مئوية للتحلل) معناه التغير في التراكيز او الضغوط . الفرضية الثانية.

٦ـ عند ذكر المتبقي من المتفاعلات او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقي في الاناء يعني التراكيز النهائية للمتفاعلات وفي حالة ذكر كملة المتكون او نتج او ما تكون يعني التراكيز النهائية للنواتج (الثالثة).

٧ـ عدد المولات الكلية يمثل مجموع عدد المولات عند الاتزان للمواد الناتجة او المتفاعلة.

$$n_T = n_1 + n_2 + n_3 + \dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

٨ـ الضغط الكلي يمثل مجموع الضغوط الجزئية النهائية عند للاتزان للمواد المتفاعلة والناتجة.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

ابحث عن اشارات في كل نوع من انواع الثالث وهذه الاشارات هي من سيحل اي سؤال وهي تدل على الاكثر انه نوع ثالث الاشارات هي ١ـ ما تفكك او تحلل او استهلك ٢ـ المتبقي او ما تبقى ٣ـ المتكون او الناتج ٤ـ الضغط الكلي او عدد المولات الكلية ٥ـ ثابت الاتزان K_C او K_P ٦ـ النسبة المئوية للمستهلك(اشارة خاصة بالنوع الرابع)

في اسئلة توجد اكثر من اشارة من الاشارات اعلاه حاول ان تعرف ممن تستفيد اولا وكل اشارة لها دور في حل السؤال.

تذكر – هذه الملاحظة (سيدة الملاحظات) لا يتم انزل قانون ثابت الاتزان الا بعد التأكد من ان كل التراكيز النهائية معلومة هذا اذا كان الثابت مجهول اما اذا كان معلوم فلا يتم انزل القانون الا اذا كان تركيز نهائي واحد مجهول.

مثال (2 -2) في أحدى التجارب العلمية ادخل 0.625mol من غاز N_2O_4 في وعاء سعته 5L فتفكك الغاز حسب التفاعل ادناه وعند الوصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز N_2O_4 المتبقي= 0.025M أحسب قيمة Kc لهذا التفاعل

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

الحـــــــــــــل/ نحسب أولا التركيز الابتدائي للمتفاعل.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.625\ mol}{5L} = 0.125\ M$$

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
0.125		0
- X		+2X
0.125 – X (0.025)		+2X

من معطيات السؤال التركيز النهائي ل $[N_2O_4]$ عند الاتزان = 0.025 وعليــــــــــــــــــــه

0.125 – X =0.025 ⟹ X = 0.125 – 0.025 = 0.1 M

$[NO_2]$ = 2 X 0.1 = 0.2M

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \qquad Kc = \frac{[0.2]^2}{[0.025\ ]} = 1.6$$

تمرين (2 -4) للتفاعل الاتي $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

وضع في وعاء حجمه لتر واحد 0.8 مول من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان ربع كمية الغاز قد استهلكت أحسب K_c .

الحـــــــــــــل/ نحسب أولا التراكيز الابتدائية للمتفاعلات.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.8\ mol}{1L} = 0.8\ M$$

$2CO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2CO_{(g)}$	+	$O_{2(g)}$
0.8		0		0
-2X		+2X		+ X
0.8 – 2X		2X		X

من معطيات السؤال ان نصف كمية غاز CO_2 قد استهلكت وعليه هذا يعني يمكن ايجاد قيمة X كالاتي

$2X = \frac{1}{4}\ (0.8)$ ⟹ 2 X = 0.2 ⟹ X = 0.1M

وعليه التراكيز عند الاتزان كالاتي ☐

$[CO_2]$=0.8 – 2 x 0.1 =0.6M   [CO] = 2 × 0.1 = 0.2M $[0_2]$ = 1 × 0.1 = 0.1M

$$K_c = \frac{[CO]^2[O2]}{[CO]^2} \qquad K_c = \frac{[0.2]^2[0.1]}{[0.6]^2} \qquad K_c = \frac{[0.2[0.2]][0.1]}{[0.6][0.6]} = 0.011$$

النوع الرابع: - يعطي قيمة التراكيز الابتدائية ويعطي قيمة للمتحلل او المتفكك بالنسبة المئوية (التغير في التركيز) ويطلب ثابت الاتزان؛ حيث نستخدم هذا القانون

النسبة المئوية للمتفكك من Y = $\frac{\text{المتحلل من Y}}{\text{التركيز الابتدائي Y}}$ X 100%

مسائل الفصل الخاصة بالنوع الرابع / النسبة المئوية

سؤال (2 -19) من اسئلة الفصل

اذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27 وضغط 1atm وفي اناء حجمه 1L احسب قيمة Kc للتفاعل.

الحـــــل/

n = [M] لان الحجم = 1L

النسبة المئوية للمتفكك من N_2O_4 = $\frac{\text{المتفكك من N2O4}}{\text{التركيز الابتدائي N2O4}}$ X 100%

20% = $\frac{\text{المتفكك من N2O4}}{1}$ X 100%

المتفكك = $\frac{20}{100}$ = 0.2M = X

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2\,(g)}$$

1	0
-X	+2X
1 - X	2X

وعليه التراكيز النهائية

$[N_2O_4]$ = 1 - 0.2= 0.8M

[NO] = 2 × 0.2= 0. 4M

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N2O4]}$$

$$K_c = \frac{[0.4]^2}{[0.8]} = 0.2$$

مثال اضافي٦ عن النوع الرابع

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{\,(g)}$$

وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء تفاعل حجمه لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 ما قيمة Kc للتفاعل

الحـــــل/

بما ان الحجم 1L فعدد المولات = التراكيز المولارية

النسبة المئوية للمتحلل من A_2 = $\frac{\text{المتحلل من A2}}{\text{التركيز الابتدائي}}$ X 100%

1% = $\frac{\text{المتحلل من A2}}{1M}$ X 100%

المتحلل من A_2 = $\frac{1}{100}$ = 0.01M = X

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{\,(g)}$$

1	0
- X	+2X
1- X	2X

وعليه التراكيز النهائية

$[A_2]$ = 1- 0.01= 0.99M

[A] = 2 × 0.01 = 0.02

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]}$$

$$K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.99]} = 4 \times 10^{-4}$$

مسائل الفصل الخاصة بالانواع الثلاث الاولى

سؤال (2 -3) يتفكك غاز N_2O_4 الى غاز NO_2 في اناء مغلق حجمه لتر واحد وكان ضغط الغاز قبل التفكك 2atm وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي= 3atm احسب Kp للتفاعل

الحـــــل / معادلة التفكك هي

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

$N_2O_{4(g)}$	$2NO_{2(g)}$
2	0
-X	+2X
2 - X	2X

الضغط الكلي ليس له علاقة بعدد المولات

$$P_T = P_{N2O4} + P_{NO2}$$

$$3 = 2 - X + 2X$$

$$3 = 2 + X \longrightarrow X = 1atm$$

وعليه الضغوط عند حالة الاتزان

$$P_{N2O4} = 2 - X = 2 - 1 = 1atm \qquad P_{NO2} = 2X = 2atm$$

$$K_p = \frac{P^2_{No2}}{P_{N2O4}} \longrightarrow K_p = \frac{2^2}{1^2} = 4$$

2 -11 /عند تسخين غاز NOCl الى حرارة 240c° في اناء مغلق حجمه لتر واحد حسب المعادلة :

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتـزان = 1atm والضـغط الجزئـي لغـاز NOCl يسـاوي 0.4atm احسب

١ـ الضغوط الجزيئي لغازNOCl قبل التحلل .

٢ـ ثابت الاتزان Kp عند نفس درجة الحرارة؟

الحـــــــــــــــل

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

$2NOCl_{(g)}$	$2NO_{(g)}$	$Cl_{2(g)}$
Y	0	0
-2X	+2X	+X
Y – 2X	2X	X
0. 4 atm		

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl2}$$

$$1 = 0.4 + 2X + X$$

$$1 – 0.4 = 3X$$

$$3X = 0.6 \longrightarrow X = 0.2\ atm$$

وعليه ضغط NOCl الابتدائي

$$Y - 2X = 0.4$$

$$Y – 2(0.2) = 0.4$$

$$Y = 0.4 + 0.4 = 0.8atm$$

ب) الضغوط الجزيئية عند الاتزان

$P_{NOCl} = 0.4$ atm معطى بالسؤال $\quad P_{NO} = 2X = 2 \times 0.2 = 0.4$ atm $\quad P_{Cl2} = X = 0.2$ atm

$$K_p = \frac{P^2_{NO} \times P_{Cl2}}{P^2_{NOCl}} \longrightarrow K_p = \frac{(0.4)^2 \times 0.2}{(0.4)^2} = 0.2$$

2 -12 التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2\,(g)}$$

عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزئية = 1. 6atm لغاز NO_2 و0.4atm لغاز N_2O_4 عند حرارة 100C°

١ـ احسب قيمة K_P ٢ـ ماذا يحدث للضغوط الجزيئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد.

الحـــــــل/

$$K_p = \frac{P^2_{NO2}}{P_{N2O4}}$$

$$K_p = \frac{(1.6)^2}{0.4} = 6.4$$

٢) عند اضافة العامل المساعد فان الضغوط الجزيئية لا تتأثر لان العامل المساعد يقلل من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان ولا يؤثر لا على حالة الاتزان ولا على ثابت الاتزان (هذا الموضوع ياتي لاحقا في لي شاتليه)

2 -14التفاعل الافتراضي $2C \rightleftharpoons A + aB$ وضع 2mole من A و 5mole من B في اناء حجمه لتر واحد وبحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ما استهلك من A مول واحد وما تبقى من B 2mole احسب Kc للتفاعل ؟

الحل / M=n لان الحجم 1 لتر

A	+ aB	⇌ 2C
2	5	0
-X	-aX	+2X
2-x	5-ax	2X

بما ان المستهلك من A = 1mol وعليه

X = 1M

بما ان المتبقي من B = 2mol وعليه

5 - ax = 2

5 - a(1) = 2

5 - 2 = a ⟶ a =3

وعليه التراكيز النهائية كالاتي [A] = 2 –X = 2-1 =1M

[C] = 2X = 2M [B] =2M (معطى)

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{[2]^2}{[1][2]^3} = 0.5$$

16-2 / في التفاعل المتزن الغازي

$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

وجد ان ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان $K_P = \frac{1}{2}$ فما ضغط غازي Cl_2 و PCl_3 بداية التفاعل؟

الحـــــل/

$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

PCl_3	Cl_2	PCl_5
2Y	Y	0
– X	– X	+ X
2Y –X	Y – X (1atm)	X

من معطيات السؤال ضغط Cl_2 =1atm وعليه

$Y – X = 1 \longrightarrow X = Y – 1$

وعليه ضغط PCl_3 عند الاتزان =

$P_{PCl3} = 2Y – X$

$P_{PCl3} = 2Y – (Y – 1)$

$P_{PCl3} = 2Y –Y + 1$

$P_{PCl3} = Y + 1$

وايضا ضغط PCl_5 عند الاتزان = Y-1

$$K_p = \frac{P_{PCl5}}{P_{PCl3} \times P_{Cl2}}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{Y-1}{(Y+1) \times 1}$$

$2Y – 2 = Y + 1$

$Y = 3$ atm ضغط Cl_2

وعليه ضغط PCl_3 في بداية التفاعل

$= 2 \times 3 = 6$ atm

لماذا استخدمنا X بدلالة Y وليس العكس؟

نصيحة/ حينما يكون هناك مجهولين في الفرضية وتريد استخراج احدهما بدلالة الاخر تذكر يفضل الاستخراج بدلالة من يكون بمفرده بالمعادلة الفرضية.

17-2 في التفاعل المتزن

$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

وفي أناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبحرارة 2000K وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان = 3mole ما تراكيز خليط الاتزان علما ان ثابت الاتزان Kc يساوي4؟

الحـــــل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

CO_2	H_2	CO	H_2O
Y	Y	0	0
-X	-X	+X	+X
Y – X	Y – X	X	X

بما ان اعطى nT فيمكن القول

$n_T = n_{CO2} + n_{H2} + n_{CO} + n_{H2O}$

$3 = (Y – X) + (Y-X) + X + X$ (with the X terms struck out)

$3 = 2Y$

$Y = \frac{3}{2} = 1.5$ mol $= 1.5$M

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$

$$4 = \frac{X^2}{(1.5-X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$2 = \frac{X}{(1.5-X)}$$

$X = 3 – 2X$

$\Longrightarrow 3X = 3$

$X = 1M$

وعليه التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [CO_2] = 1.5 – 1 = 0.5M$

$[CO] = [H_2O] = 1$ M

اكتب هنا ملاحظه تخص السؤال اعلاه

١- تذكر لا يمكن انزال قانون الثابت اذا كان هناك مجهولين.

٢- حينما يعطي مولات كلية على الاغلب يكون الحجم لتر واحد.

18-2 / وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة 27c° وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي

$$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

فاذا Kp للتفاعل 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علما ان الكتلة المولية 20g/mol

الحل / نستخرج الضغط الابتدائي لغاز HF من قانون الغاز المثالي حيث

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4\ g}{20\ g/mol} = 0.2mol$$

$T = t(c) + 273 = 27 + 273 = 300\ K$

$V = 2L$, $R = 0.082\ L.atm/\ mol\ .K$

$PV = nRT$

$$\Longrightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P = \frac{0.2\ mol\ X\ 0.082L.atm/\ mol\ .K\ X\ 300K}{2L}$$

$P = 2.46$ atm HF الضغط الابتدائي لغاز

$2HF_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$F_{2(g)}$
2.46		0		0
-2X		+ X		+X
2.46 – 2X		X		X

$$K_p = \frac{P_{H_2}\ X\ P_{F_2}}{P^2_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{X^2}{(2.46-2X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$1.1 = \frac{X}{(2.46-2X)}$$

$X = 2.7 – 2.2X$

$3.2X = 2.7$

$$X = \frac{2.7}{3.2} = 0.84\ atm$$

$P\ HF = 2.46 – (2 \times 0.84)$

$= 2.46 – 1.68 = 0.78$ atm الضغط النهائي

15-2/ في التفاعل المتزن

$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

بدرجة حرارة 727C° وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO يساوي 304 Torr والضغط الكلي = 1atm ما ثابت الاتزان Kp للتفاعل.

الحـــــــل/

$$P_{Co} = \frac{304\ torr}{760\ torr/atm} = 0.4\ atm$$

باقي حل السؤال واجب / الناتج Kp=1.5

سؤال (2 -20) للتفاعل الاتي الماص

$$C_2H_{6(g)} \rightleftharpoons C_2H_{4(g)} + H_{2(g)}$$

وضع في وعاء حجمه لتر واحد مولات من غاز C_2H_6 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان ربع كمية الغاز قد استهلكت وان K_c للتفاعل $= \frac{1}{2}$ جد تراكيز خليط الاتزان

الحـــــــــــل/

لان الحجم 1 لتر $M = n$

$C_2H_{6(g)}$	$C_2H_{4(g)}$	$H_{2(g)}$
Y	0	0
-X	+X	+X
Y – X	X	X

بما ان ربع كمية الغاز قد استهلكت يمكن القول

$X = 0.25\ Y$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$[C_2H_6] = Y - 0.25\ Y = 0.75\ Y$

$[C_2H_4] = [H_2] = X = 0.25\ Y$

$$K_c = \frac{[C_2H_4][H_2]}{[C_2H_6]}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{[0.25\ Y][0.25\ Y]}{[0.75\ Y]}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1[0.25\ Y]}{[3]}$$

$0.5\ Y = 3$

$Y = 6$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$[C_2H_6] = 0.75\ Y = 0.75(6) = 4.5M$

$[C_2H_4]=[H_2] = 0.25\ Y= 0.25(6) = 1.5M$

سؤال (2 -21) للتفاعل الاتي الماص

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$$

سخنت كمية كافية مع الكاربون بوجود الاوكسجين تحت ضغط 1.4 atm في وعاء حجمه 1 لتر وعند حرارة معينة وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط CO عند الاتزان= 0.8 atm جد Kp للتفاعل؟

الحـــــــــــل/

$2C_{(s)}$	$O_{2(g)}$	$2CO_{(g)}$
	1.4	0
	– X	+2X
	1.4 – X	2X (0.8)

من معطيات السؤال ضغط CO عند الاتزان=0.8 وعليه

$2X = 0.8 \longrightarrow X = 0.4atm$

وعليه الضغوط الجزيئية عند الاتزان .

$[O_2] = 1.4 - X = 1.4 – 0.4 = 1atm$

$[CO] = 0.8\ atm$

$$K_c = \frac{[CO]^2}{[O_2]}$$

$$K_c = \frac{[0.8]^2}{[1]}$$

$K_c = 0.64$

سؤال (2 -24) للتفاعل الاتي $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 3H_{2(g)} + N_{2(g)}$

وضعت مولات مختلفة من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر واحد وعند وصول الى حالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 وما تبقى من N_2 = 0.2 ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علما ان ثابت الاتزان Kc = 200

الحـــــــل/ بما ان الحجم 1L لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.

$3H_{2(g)}$	$+ N_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
a	b		0
-3X	-X		+2X
a-3X	b-X		2X

من معطيات السؤال نلاحظ ان مقدار ما استهلك من H_2 = 0.3 وعليه

$3X = 0.3 \Longrightarrow X = 0.1$

ما تبقى من N_2 = 0.2 وعليه

$b-X = 0.2 \Longrightarrow b-0.1 = 0.2 \Longrightarrow b=0.3\ mol$

وعليه عدد مولات N_2 في بداية التفاعل = 0.3mol

نستخرج قيمة a من قيمة ثابت الاتزان حيث التراكيز النهائية هي كالاتي

$[H_2] = a - 0.3 \qquad [N_2] = 0.2M \qquad [NH_3] = 2 \times 0.1 = 0.2M$

$$K_c = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3[N2]} \Longrightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{[a-0.3]^3[0.2]} \Longrightarrow 200 = \frac{[0.2]}{[a-0.3]^3}$$

$$[a-0.3]^3 = \frac{0.2}{200} \Longrightarrow [a-0.3]^3 = 0.001$$ وبالجذر التكعيبي

$a - 0.3 = 0.1 \Longrightarrow a = 0.4\ mol$

سؤال (2 -26) للتفاعل الاتي الغازي عند حرارة

$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

وضعت مولات مختلفة من NO وO_2 في اناء للتفاعل حجمه لتر واحد وعند الوصول الى التفاعل وجد ان المتكون من NO_2 = 0.8mol وتركيز كل من O_2 وNO متساويان وان Kc=10

جد عدد مولات O_2 وNO بداية التفاعل؟

الحـــــــل/

بما ان الحجم 1L لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.

$2NO$	$+ O_2$	$\longrightarrow$	$2NO_2$
a	b		0
-2X	-X		+2X
a-2X	b-X		2X

بما ان تراكيز O_2 وNO متساويان عند الاتزان فعليه سنفرض تراكيزهما النهائية =Y وعليه

وعليه التراكيز عند الاتزان

$[NO] = [O_2] = Y$

$[NO_2] = 0.8$ معطى

$$K_c = \frac{[NO2]^2}{[NO]^2[O2]}$$

$$10 = \frac{[0.8]^2}{[Y]^2[Y]}$$

$Y^3 = \frac{0.64}{10} \longrightarrow Y^3 = 0.064$ ناخذ الجذر التكعيبي

$Y = 0.4M = [NO] = [O_2]$ النهائي

نجد قيمة X من تركيز NO المتكون

$2X = 0.8 \longrightarrow X = 0.4M$

وعليه

$a - 2X = Y$

$a - 2(0.4) = 0.4 \qquad a = 0.4 + 0.8 = 1.2M$

$b - X = Y$

$b - (0.4) = 0.4 \qquad b = 0.4 + 0.4 = 0.8M$

2- 7 العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وثابت الاتزان .

للتفاعل الاتي $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

ترتبط الطاقة الحرة غير القياسية ΔG مع الطاقة الحرة القياسية ΔG° لهذا التفاعل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad \text{..........(1)}$$

حيث R ثابت الغازات ويساوي بواحدات الطاقة (R=8.314 J/K.mol) و T درجة الحرارة بوحدات الكلفن

وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تكون الطاقة الحرة مساوية صفر وتصبح

$$\Delta G° = - RT \ln K_{eq} \quad (2)$$

حيث يستخدم Kp لتفاعلات الغازات بدلالة الضغوط الجزيئية و Kc بدلالة التراكيز المولارية.

تعد هذه المعادلة من أهم المعادلات في علم الثرموداينمك لانها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة الحرة ΔG° بالاعتماد على قيمة ثابت الاتزان

ان قيمة R هنا تختلف عن قيمة R الغازات تذكر هذا جيدا وكي لا يحدث لك لبس في هذا الموضوع تستخدم مع الطاقات دائما لانها تحتوي وحدة الجول

مثال(2-5) اذا علمت ان ΔG° للتفاعل التالي = -104kJ/mol عند حرارة 25C وضغط 1atm

$$CCl_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

احسب ثابت الاتزان عند نفس الظروف.

علما ان $\ln 1.7 \times 10^{18} = 42$

الحل/ $T(K) = 25 + 273 = 298K$

$R = 8.314\ J/K.mol$

$\Delta G\ (J/mol) = -104kJ/mol \times 1000J/kJ = -104000J/mol$

$\Delta G° = - RT \ln K_{eq}$

$-104000J/mol = -8.314\ J/K.mol \times 298K \ln K_{eq}$

$$\ln K_{eq} = \frac{-104000}{-8.314 \times 298}$$

$\ln K_{eq} = 42$

$\ln K_{eq} = \ln 1.7 \times 10^{18}$

$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$

ان هذه القيمة كبيرة جدا مما يعني ان قيمة تراكيز المتفاعلات قليلة جدا والتفاعل شبه تام.

ملاحظة / اننا نقوم بتحويل وحدة الطاقة الحرة الى وحدة الجول لان ثابت ال R يحتوي وحدة جول.

تمرين (2 - 6) احسب ثابت الاتزان Kp للتفاعل التالي عند حرارة 25C وضغط 1atm

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي

$\Delta G°_f (H_2O) = -237\ kJ/mol$

علما ان $\ln 8 \times 10^{-84} = -191.3$

الحل/

$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$

$\Delta G_r° = [2\Delta G_f° (H_2) + \Delta G_f°(O_2)] - [2\Delta G_f° (H2O)]$

$\Delta G_r°[2 \times 0 + 0] - [2 \times (-237)] = 474\ kJ/mol$

$T(K) = 25 + 273 = 298K$

$\Delta G°\ (J/mol) = 474kJ/mol \times 1000\ J/kJ = 474000J/mol$

$\Delta G° = - RT \ln K_p$

$474000J/mol = -8.314\ J/K.mol \times 298K \ln K_{eq}$

$$\ln K_p = \frac{474000}{-8.314 \times 298}$$

$\ln K_p = -191.3$

$\ln K_p = \ln 4 \times 10^{-84}$

$K_p = 4 \times 10^{-84}$

ان هذه القيمة صغيرة جدا يعني ان التفاعل لا يحدث تلقائيا

مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين الطاقة الحرة وحاصل التفاعل

6-2 ثابت الاتزان لتفاعل ما عند 25° يساوي 1×10^{-5} و ΔSr° للتفاعل نفسه = 0.5kJ/K.mol احسب ΔHr° للتفاعل ؟

$$\Delta G° = -RT\ln K_{eq}$$
$$T = 25 + 273 = 298$$
$$R = -8.314\ J/K.mol$$
$$\ln 10^{-5} = 2.3\log 10^{-5} = 2.3 \times 10^{-5} = -11.5$$
$$\Delta G° = -8.314\ J/K.mol \times 298\ K \times -11.5$$
$$\Delta G° = 28500\ J/mol$$
$$\Delta G°_{kJ/mol} = \frac{28500\ J/mol}{1000 J/kJ} = 28.5\ kJ/mol$$
$$\Delta G°r = \Delta Hr° - T\Delta s°r$$
$$\Delta H°r = \Delta Gr° + T\Delta s°r$$
$$\Delta H°r = 28.5 + 298\ (-0.5)$$
$$\Delta H°r = 28.5 - 149.0$$
$$\Delta H°r = -120.5\ kJ$$

2 ـ 23 / اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة 25C° وضغط 1atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة ΔG° للتأين

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

علما ان $\ln 10^{-14} = -32.24$

الحـــــــــل/

$$TK = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298$$
$$\Delta G° = -RT\ln K_{eq}$$
$$\Delta G° = -(8.314\ J/K.mol \times 298\ K)\ \ln 10^{-14}$$
$$\Delta G° = (-2477.6\ J.mol) \times \ln 10^{-14}$$
$$\Delta G° = (-2477.6\ J.mol) \times -32.24$$
$$\Delta G° = 79881\ J.mol$$

2 - 8 قاعدة لو شاتليه

((اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعـــــــــــل الى حالة الاتزان الجديدة))

- يشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الأنظمة الميكانيكية.

(لكل فعل رد فعل مساوله بالقيمة ومعاكس بالاتجاه)

- **موضع الاتزان :ـ** مدى انحراف او انزياح الاتزان الكيميائي ناحية تكوين المواد الناتجة او المتفاعلة لتفاعل كيميائي متزن.

المؤثرات الخارجية التي تؤدي الى الإخلال بحالة الاتزان هي

أولا :ـ تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة على موضع الاتزان.

في تفاعل هابر لانتاج الامونيا

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

لاحظ ماذا سيحدث

- **عند إضافة مزيد من الهيدروجين او النتروجين(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو تكوين الامونيا اي نحو اليمين(للتقليل من الكمية الزائدة من المواد المتفاعلة) اي ان سرعة التفاعل الأمامي ستزداد ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.**
- **عند إضافة مزيد من الامونيا(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار (لتقليل من الكمية الزائدة من الامونيا) ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.**
- **عند سحب H_2 او N_2 التفاعل ينزاح نحوهما اي من اليمين الى اليسار.**
- **عند سحب كمية من الامونيا ينزاح التفاعل من اليسار الى اليمين.**

الخلاصة:

١- عند الاضافة الى النواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.

٢- عند الاضافة الى المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.

٣- عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.

٤- عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.

الخلاصة : عند السحب نفس الاتجاه
عند الاضافة عكس الاتجاه

ثانيا :ـ تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان.

ان التغير بالضغط المسلط على التفاعل او التغير بحجمه يكون بالصورة الاتية

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

ملاحظات:

- Δn_g قيمة سالبة يعني عدد مولات المتفاعلات أكثر من عدد مولات النواتج.
- Δn_g قيمة موجبة يعني عدد مولات النواتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات.
- $\Delta n_g = 0$ يعني عدد مولات النواتج = عدد مولات المتفاعلات(هنا ليس هناك اي تأثير لزياد او نقصان الضغط).
- زيادة الضغط يعني نقصان الحجم والعكس بالعكس (علاقة عكسية قانون بويل).

مثال عام عن تأثير الضغط والحجم.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

نلاحظ ان قيمة $\Delta n_g = -1$ اي ان عدد المولات قل وبالتالي الحجم الكلي للتفاعل قل
لذا فان زيادة الضغط على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه النواتج لانها تشغل حجما اقل
اما عند تقليل الضغط على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه المتفاعلات لانها تشغل حجما أكبر.

ثالثا :ـ تأثير درجة الحرارة

التغيير	التفاعلات الباعثة للحرارة	التفاعلات الماصة للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}

الخلاصة المهمة لتأثير الدرجة الحرارة

١ـ في حالة التحكم بدرجة الحرارة اتبع الجدول ادناه

نوع التفاعل	التأثير	الاتجاه	ملخص مهم	قيمة الثابت	ملاحظات
ماص	زيادة درجة الحرارة	نحو النواتج	مزن	تزداد	رفع – تسخين يعني زيادة
ماص	خفض درجة الحرارة	نحو المتفاعلات	مخم	تقل	تقليل – تبريد يعني خفض
باعث	زيادة درجة الحرارة	نحو المتفاعلات	بزم	تقل	
باعث	خفض درجة الحرارة	نحو النواتج	بخن	تزداد	

٢ـ في حالة ان الحرارة انخفضت او ارتفعت من تلقاء نفسه تتبع ما يلي

- في حالة الارتفاع بالحرارة ابحث عن الباعث او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الباعث يعني الحرارة ارتفعت.
- في حالة الانخفاض بالحرارة ابحث عن الماص او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الماص الحرارة انخفضت.

هناك فكرة/

أمثلة عن تأثير درجة الحرارة.

١ـ للتفاعل الاتي $CaCO_{3(s)}$ + طاقة ⇌ $CaO_{(s)}$ + CO_2

ماذا يحدث عن

أـ زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليمين اي باتجاه النواتج) م ز ن

بـ خفض درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليسار باتجاه المتفاعلات) م خ م

٢ـ للتفاعل الاتي $2CO_{(g)}$ + $O_{2(g)}$ ⇌ $CO_{2(g)}$ + طاقة

ماذا يحدث عن

أـ زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليسار اي نحو المتفاعلات) ب ز م

بـ خفض درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليمين اي نحو النواتج) ب خ ن

رابعا :ـ العامل المساعد

العامل المساعد يؤدي فقط الى خفض طاقة التنشيط ولا يؤثر في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة وبالتالي لا تؤثر على (((موضع الاتزان او قيمة ثابت الاتزان)))

علل/ إضافة العامل المساعد لا تؤثر موضع الاتزان؟ (مهم)

الجواب / لان العامل المساعد يزيد معدل سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي بالدرجة نفسها فيتم الوصول الى حالة الاتزان بسرعة عالية دون حدوث في تغيرات المواد الداخلة في التفاعل.

2 - 9 العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان

١ـ التغير في الضغط والحجم وإضافة العامل المساعد لا تؤثر على قيمة ثابت الاتزان.

٢ـ التغير في درجة الحرارة هو وحده من يؤثر في قيمة ثابت الاتزان الكيميائي.

تذكر فقط الحرارة تؤثر على قيمة ثابت الاتزان

مهم جدا/ اذا اتجه التفاعل نحو النواتج قيمة ثابت الاتزان تزداد قيمة K_{eq}

اما اذا اتجه التفاعل نحو المتفاعلات قيمة ثابت الاتزان K_{eq} تقل

تمرين(2-7) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$3O_{2(g)}$ ⇌ $2O_{3(g)}$ $\Delta H = 428\ kJ/mol$

١) زيادة الضغط على التفاعل ٢)زيادة الضغط بإضافة مزيد من O_2 الى النظام.

٣)خفض درجة الحرارة. ٤)إضافة العامل المساعد

١) بزيادة الضغط يقل الحجم سيتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية وثابت الاتزان لا يتأثر

٢) عند إضافة مزيد من O_2 سوف يزداد تركيزه وبالتالي يتجه التفاعل نحو اليمين

٣) التفاعل ماص للحرارة لذا عند خفض درجة الحرارة سوف يتجه نحو اليسار وبالتالي تزداد تركيز المتفاعلات عند زيادة تركيز المتفاعلات تقل قيمة ثابت الاتزان.

٤) العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

تمرين (2-8) يصل مزيج الغازات الموضوعة في وعاء مغلق عند 25C° الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/mol$$

صف عدد من الإجراءات التي تؤدي لرفع كمية غاز C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل.

الجواب/

١) زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم.

٢) سحب غاز C_2H_6 باستمرار.

٣) كون التفاعل باعث يجب خفض (تبريد) درجة الحرارة باستمرار.

٤) زيادة الضغط لتقليل الحجم وبالتالي سيتجه التفاعل نحو النواتج لانها اقل عدد مولات

اضافي صف اربع اجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

الجواب/

١- سحب غاز الامونيا باستمرار. (لانه عند السحب من النواتج سيتجه التفاعل نحوه للتعويض النقص الحاصل)

٢- المحافظة على تراكيز المتفاعلات بشكل دائم. (للتخلص من فائض المتفاعلات يتجه نحو النواتج)

٣- خفض درجة الحرارة. (لان التفاعل باعث بخفض الحرارة يتجه نحو النواتج)

٤- زيادة الضغط (بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية)

تمرين (2-6) اثيل ايثانوات مذيب جيد لطلاء الاظافر يحضر من اضافة حامض الخليك الى كحول الاثيل

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O_{(g)}$$

اقترح بصفتك مهندس كيميائي كيف يمكنك زيادة المنتوج من اثيل ايثانوت بتغير التراكيز.

الجواب/

١) زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم اي زيادة الحامض والكحول.

٢) سحب غاز النواتج باستمرار. اي سحب اثيل ايثانوات باستمرار.

2 - 10 أهمية ثابت الاتزان

يمكن من خلال قيم ثوابت الاتزان يمكن معرفة نواتج التفاعل فالقيم العالية للثوابت تعني نسبة عالية من النواتج مقارنة بالمواد المتفاعلة تعني نسبة عالية من النواتج مقارنة بالمواد المتفاعلة .

حيث القيم الكبيرة من 10^{n} فما فوق ينزاح نحو النواتج.

و القيم الصغيرة من 10^{-n} فما تحت ينزاح نحو المتفاعلات .

علل / يتفاعل الاوكسجين مع النتروجين لتكوين غاز اول اوكسيد النتروجين مع ذلك تبقى نسب الاوكسجين والنتروجين ثابتة؟

ج/ ان معادلة التفاعل هي $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ وايضا وجد ان ثابت اتزان التفاعل قيمة صغيرة جدا جدا ان هذه القيمة المنخفضة تدل على الاتزان ينزاح المتفاعلات اي التفاعل يحدث بصعوبة جدا اي تبقى نسب الاوكسجين والنتروجين ثابتة.

---

2 – 11 اهمية قاعدة لو- شاتليه

يستفاد من قاعدة لو شاتليه في زيادة انتاج المصانع والمعامل وذلك من خلال التحكم في اتجاه التفاعل وتاثير الضغط وتأثير درجة الحرارة كمثال نأخذ مثال تصنيع حامض الكبريتيك بطريقة التلامس والتي تتضمن.

1) احتراق الكبريت في الهواء عند 1000C°

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

2) تفاعل مزيد من الهواء بوجود V2O5 لتكوين SO_3

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

3) امتصاص SO_3 باضافة حامض الكبريتيك المركز لتكوين حامض الكبريتيك الداخن .

$$SO_{3(g)} + H_2SO_{4(l)} \longrightarrow H_2S_2O_{7(l)}$$

4) اضافة الماء لتكوين حامض الكبريتيك بالتركيز المطلوب.

$$H_2O_{(l)} + H_2S_2O_{7(l)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)}$$

يتم في هذا التفاعل استغلال الخطوة الثانية لانها تفاعل انعكاسي لكي تعطي مزيد من الانتاج يجب اتخاذ الخطوات التالية.

١) **ادخال كميات من الهواء** لانها ستؤدي ازاحة التفاعل نحو اليمين طبقا لقاعدة لو شاتليه

٢) **ازاحة SO_3** باضافة حامض الكبريتيك اولا ثم الماء . كما معلوم بازاحة النواتج يتجه التفاعل يمينا

٣) **كون التفاعل باعث** سيتم تبريد التفاعل لان في التفاعلات الباعثة سيؤدي الى الاتجاه يمينا بزيادة درجات الحرارة

٤) **استخدام ضغوط عالية تؤدي الى اتجاه التفاعل يمينا كونها الاقل عدد مولات غازية.**

حل الاسئلة الخاصة بقاعدة لي شاتليه

سؤال (2-7) للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة

$$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$

كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

١) عند زيادة الضغط ٢) رفع درجة الحرارة ٣) سحب غاز N_2O_4

الاجوبة :-

١) عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو النواتج : لانه بزيادة الضغط يقل الحجم وبالتالي يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية .

٢) رفع درجة الحرارة : - يتجه التفاعل نحو المتفاعلات :- لان التفاعل باعث وفي التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات عند رفع درجة الحرارة.

٣) سحب غاز N_2O_4: يتجه التفاعل من المتفاعلات نحو النواتج لتعويض النقص الحاصل في عملية سحب غاز N_2O_4

سؤال (2-8) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{(2)} \quad \Delta H= 38.5\ kJ/mol$$

١) خفض درجة الحرارة. ٢) إضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان.

٣) سحب PCl_3 من خليط الاتزان. ٤) زيادة الضغط على خليط الاتزان ٥) إضافة العامل المساعد.

الاجوبة/ ١- التفاعل ماص للحرارة سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) وتقل قيمة ثابت الاتزان.

٢- سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان.

٣- سيتجه نحو اليمين (النواتج) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان.

٤- سيتجه نحو المولات الاقل اي نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان

٥- يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

سؤال (2-9) من اسئلة الفصل /// التفاعل المتزن الاتي

$$2SO_{2(g)} + O_{2\ (g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

انثالبي التفاعل = 198.2- ماذا يحدث للتراكيز SO_2 و O_2 و SO_3 عند الاتزان بعد

١- زيادة درجة الحرارة التفاعل. ٢- خفض الضغط المسلط على التفاعل.

٣- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان. ٤- إضافة عامل مساعد.

العامل	$[SO_3]$	$[O_2]$	$[SO_2]$
زيادة درجة الحرارة	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
خفض الضغط المسلط	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
زيادة تركيز SO_2	يزداد تركيزه	يقل تركيزه	يقل تركيزه بعد الزيادة
إضافة عامل مساعد	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر

سؤال (2-10) للتفاعل المتزن الباعث للحرارة

$$2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

١) خفض الضغط المسلط ٢) تبريد اناء التفاعل.

الاجوبة :-

١)عند خفض الضغط:- بخفض الضغط يزداد الحجم وبالتالي يتجه التفاعل نحو المتفاعلات لانها الاكثر عدد مولات غازية ،،،،،، ولا يتأثر ثابت الاتزان.

٢) تبريد اناء التفاعل:- بما ان التفاعل باعث يتجه التفاعل نحو النواتج وتزداد قيمة ثابت الاتزان.

سؤال(2-13) من اسئلة الفصل /// للتفاعل المتزن

$$A \rightleftharpoons 2B$$

من خلال الجدول التالي أحسب K_c للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص او باعث

درجة الحرارة /C°	B(mol/L)	A(mol/L)	رقم التفاعل
127	0.8	0.01	1
227	0.7	0.1	2

الحل/ التفاعل الاول

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]} \qquad K_c = \frac{(0.8)^2}{(0.01)} = 64$$

التفاعل الثاني

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]} \qquad K_c = \frac{(0.7)^2}{(0.1)} = 4.9$$

لمعرفة التفاعل ماص او باعث ج/ نلاحظ انه انه حينما ارتفعت درجة الحرارة قيمة ثابت الاتزان قلت اي ان التفاعل يتجه نحو المتفاعلات وبالتالي يعتبر التفاعل باعث (ب ز م)

سؤال(2-22) (2016) وزاري دور ١ للتفاعل التالي

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

وجد ان خليط الاتزان بحرارة 25C يحتوي على $[SO_3]=0.002M$ و $[SO_2]=0.08M$ و $[O_2] = 0.01M$ وعند تبريد التفاعل الى 10C° وجد Kc =4 هل التفاعل باعث ام ماص.

الحل/ نجد Kc عند حرارة 25C°

$$Kc = \frac{[SO2]^2 x [O2]}{[SO3]^2} \qquad Kc = \frac{(0.08]^2 x [0.01]}{[0.002]^2} = 16$$

ومن معطيات السؤال Kc عند 10C° = 4

اي بانخفاض درجة الحرارة قلت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو المتفاعلات وهذا يعني ان التفاعل ماص لانه في التفاعلات الماصة وبانخفاض درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات (م خ م)

حل المتبقي من اسئلة الفصل الثاني

س2 / املأ الفراغات التالية.

١- في التفاعل الاتي $2NH_3 + 92KJ \rightleftharpoons 3H_{2(g)} + N_{2(g)}$ فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تركيز المواد **الناتجة** ب خ ن.

٢- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc لنظام متزن عند 500C تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند 200C يساوي 2×10^{-12} ذلك يدل على ان التفاعل **باعث** للحرارة ب خ ن(خفضنا الحرارة زادت قيمة الثابت اي ذهب للنواتج).

٣- في التفاعل الاتي ($CH_3OH + 127KJ \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + Co_{(g)}$) عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام فان حرارة التفاعل **ترتفع**.

فكرة عن نقطة ٣) التفاعل باعث اضافة H_2 يتجه التفاعل نحو الأمامي الذي هو باعث واذا التفاعل اتجه نحو الباعث ترتفع الحرارة)

٤- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند **زيادة** درجة الحرارة (ب ز م).

٥- في التفاعل المتزن $2CO_{(g)} \rightleftharpoons C_{(s)} + CO_{2(g)}$ فأن **خفض** الضغط يزيد من استهلاك CO_2

فكرة عن نقطة ٥) عبارة يزيد من استهلاك CO_2 يعني اتجاه التفاعل الحقيقي نحو النواتج التي مولاتها 2 بينما المتفاعلات 1 مول لان الكاربون لا يحسب كونه صلب وبذلك نحتاج الى خفض الضغط حتى يزداد الحجم ومنه يذهب نحو النواتج الأكبر عدد مولات) مرشحة

٦- في التفاعل المتزن الاتي $2NO_2 \rightleftharpoons 180\ KJ + O_2 + N_2$ فان رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على **زيادة** قيمة Kc. م ز ن (زيادة النواتج يعني زيادة قيمة Kc).

٧- التغير **بالضغط** لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل $2NO_2 \rightleftharpoons O_2 + N_2$(مولات النواتج = مولات المتفاعلات)

٨- للتفاعل المتزن طاقة+ $2HCl \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$ يمكن زيادة تركيزHCl عند **خفض** الحرارة للتفاعل.

٩- في التفاعل المتزن $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ وبحرارة معينة اذا كانت قيمة K_p للتفاعل = 3 والضغط الجزيئي لغاز NO_2 = 3atm فان الضغط الجزيئي لغاز N_2O_4 = **3atm**.

الحل/ واجب

١٠- في تفاعل ما وجد ان قيمةKc = 1×10^{28} يدل على ان موضع التفاعل في اتجاه تكوين **النواتج**.

(كلماK_{eg} كبيرة تجاه النواتج صغيرة تجاه المتفاعلات).

١١- عند رفع الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد مولات الغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الناتجة فان التفاعل يتجه نحو **المتفاعلة** (زيادة ضغط تقليل حجم فيذهب نحو الاصغر

١٢- العلاقة بين ثابت الاتزان وتراكيز النواتج **طردية**.

١٣- تفاعل فيه Kc = 4 عند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان **لا يتأثر**.

١٤- يترجح التفاعل **الخلفي** لتفاعل متزن ماص عند تبريد اناء التفاعل. (م خ م)

١٥- في التفاعلات الماصة تزداد تراكيز المواد الناتجة عند **زيادة** درجة الحرارة.

س4 / اختر الإجابة الصحيحة (مرشح هكذا نوع من الاسئلة).

1ـ التفاعل المتزن $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما

أ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان.
ب- **يزداد الضغط الكلي.**
جـ- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان.
د – كل الاجابات السابقة خطأ.

2 ـ التفاعل المتزن $2IF \rightleftharpoons I_2 + F_2$ ثابت الاتزان Kc يساوي 1×10^6 بدرجة حرارة 2000K فاذا كان الضغط الجزيئي لغاز IF عند الاتزان = 0.2 atm و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزيئي لغاز I_2 =

أ- 5×10^4 atm
ب- **1×10^{-5}**
جـ- 1×10^5
د- جميع الاجابات خطأ

$$Kc = \frac{P^2 IF}{PI2 \times PF2} \rightarrow P\,I_2 = \frac{P^2 IF}{Kp \times PF2}$$

$$P\,I_2 = \frac{P^2 IF}{Kp \times PF2} = \frac{(0.2)^2}{10^6 \times 4 \times 10^{-3}} = \frac{4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^3} = 1 \times 10^{-5}$$

س٥/ علل ما يأتي (على الأغلب تعليل وزاري)

١ـ في التفاعل المتزن طاقة + B ⇌ A لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.
الجواب/ وذلك لان عدد مولات المواد الناتجة وعدد مولات المواد المتفاعلة متساوي لذا لن يتأثر موضع الاتزان وبالتالي لن تتغير حرارة التفاعل لان كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة.

٢ـ قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جدا.
الجواب / وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية يكون احد تراكيزها او جميعها للمواد المتفاعلة = صفر لانها تستهلك تماما لذا فالكمية الناتجة تكون كبيرة وبالتالي قيمة ثابت الاتزان كبيرة.

٣ـ يعد التفاعل باعثا للحرارة اذا انخفضت قيمة Kc للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة .
الجواب / لان في التفاعلات الباعثة للحرارة عند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الخلف اي تزداد تقل النواتج وبالتالي تقل Kc .

٤ـ قيمة Kc ترتفع عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة.
الجواب / لان في التفاعلات الماصة للحرارة عند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الإمام اي تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات وان Kc تزداد بزيادة تركيز النواتج.

٥ـ تتوقف بعض التفاعلات تماما بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة. وزاري ٢٠١٣دور ثاني.
الجواب/ التفاعلات التي تتوقف هي تامة لانه يحدث استهلاك تام للمواد المتفاعلة جميعها او أحد منها اما التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة الاتزان وأصبحت التراكيز ثابتة.

٦ـ لا يمكن اضافة الماء مباشرة لازاحة SO_3 في برج التلامس؟
الجواب/ لان عند خلطهما يتكون ضباب من حامض الكبريتيك لا يمكن تكثيفه وتحويله الى سائل بسهولة كما ان الحامض الضبابي التكون يعتبر مصدرا خطيرا للتلوث.

س1/ عرف ما يأتي /

١ـ قانون فعل الكتلة ص2　　٢ـ الاتزان الكيميائي ص1　　٣ـ قاعدة لو شاتليه ص19

س25/ ما العلاقة بين ظاهرة الاحتباس وزيادة كمية غاز NO_2

الجواب / العلاقة طردية بزيادة كمية غاز NO_2 يزداد الاحتباس الارضي وبالتالي تزداد درجة حرارة الارض لذا يجب التخلص باستمرار من غاز NO_2

ارقام صفحات الاسئلة للمراجعة بصورة عامة				
س٢ ص٢٦	س٧ ص٢٤	س١٢ ص١٢	س١٧ص١٣	س٢٢ص٢٥
س٣ ص١١	س٨ ص٢٤	س١٣ ص٢٥	س١٨ ص١٤	س٢٣ ص١٨
س٤ ص٢٧	س٩ ص٢٤	س١٤ ص١٢	س١٩ ص١٠	س٢٤ ص١٦
س٥ ص٢٧	س١٠ ص٢٥	س١٥ ص١٤	س٢٠ ص١٥	س٢٥ ص٢٨
س٦ ص١٨	س١١ ص٢٥	س١٦ ص١٣	س٢١ ص١٥	س٢٦ ص١٦

تمت بعونه تعالى

للمزيد من الملازم والدروس وكل ما يخص طلبة السادس الأعدادي زورونا على مواقع التواصل الأجتماعي ...

رحلة التفوق في السادس

عطاء بلا حدود

أ.د مينا الأحمد

أ.د اشرف الوائلي

saja aljumaily
2017

رحلة التفوق في السادس

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي
الفرع التطبيقي

الاستاذ : مهند السوداني

الفصل الثالث

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الاعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالاضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الارشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالاضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لاي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

جدول الحوامض والقواعد والأملاح

الحوامض القوية	الصيغة الكيميائية	الحوامض الضعيفة	الصيغة الكيميائية
١- حامض الكبريتيك	H_2SO_4	١- حامض الهيدروفلوريك	HF
٢- حامض النتريك	HNO_3	٢- حامض الهايدروسيانيك	HCN
٣- حامض الهيدروكلوريك	HCl	٣- حامض الكاربونيك	H_2CO_3
٤- حامض الهيدروبروميك	HBr	٤- حامض الفسفوريك	H_3PO_4
٥- حامض الهيدرويوديك	HI	٥- حامض الخليك	CH_3COOH
٦- حامض البيركلوريك	$HClO_4$	٦- حامض البنزويك	C_6H_5COOH
٧- حامض الكروميك	H_2CrO_4	٧- حامض النتروز	HNO_2
٨- حامض فوق المنغنيك	$HMnO_4$	٨- حامض الفورميك	$HCOOH$
		٩- حامض الكبريتوز	H_2SO_3
		١٠- حامض الفينول	C_6H_5OH

القواعد القوية	الصيغة الكيميائية	القواعد الضعيفة	الصيغة الكيميائية
١- هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	١- الامونيا	NH_3
٢- هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$	٢- الانيلين	$C_6H_5NH_2$
٣- هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	٣- البيريدين	C_5H_5N
٤- هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	٤- مثيل امين	CH_3NH_2
٥- هيدروكسيد الليثيوم	$LiOH$	٥- هيدروكسيد الفضة	$AgOH$

ملاحظـــــــــــــات

١- الحوامض القوية هي ثمانية حوامض كما هو واضح يمكن حفظها واعتبار باقي الحوامض ضعيفة هذه الحوامض تتفكك بشكل تام لذا ليس لها ثابت اتزان لذا اي حامض يعطى له ثابت اتزان في المواضيع القادمة هو حامض ضعيف (K_a) هو ثابت الحوامض.

٢- نفس الأمر ينطبق على القواعد القوية اي القواعد القوية ليس لها ثابت اتزان لانها تتفكك بشكل تام او بالأحرى لا يمكن قياس K_b لها كما يمكن ملاحظة ان اغلب القواعد القوية تنتهي ب (OH) عدا هيدروكسيد الفضة. ايضا سنعتبر هيدروكسيد المغنسيوم$Mg(OH)_2$ وايضا هيدروكسيد الروبيديوم $RbOH$ قواعد قوية

٣- لاحظ هناك حوامض ضعيفة تم تأشيرها تنتهي ب (OH) هي حوامض عضوية وليست قواعد كما انها حوامض أحادية البروتون.

٤- اغلب هذه الحوامض والقواعد حينما تتأين بالماء ليس شرط كتابة الماء في المعادلة مباشرة تكتب عملية التحلل عدا القواعد الضعيفة يكتب الماء في المعادلة لإظهار ايون الهيدروكسيد.

٥- هناك أملاح كثيرة ذوبان واملاح شحيحة الذوبان وإعدادها كثيرة والنوعين من ضمن منهاج الدراسة كيف نفرق؟ للأملاح الشحيحة الذوبان ثابت يدعى ثابت حاصل الاتزان K_{sp} حينما يعطى في السؤال او يطلب (مجهول) فالملح شحيح الذوبان.

ملخص قوانين الفصل

١-الحامض الضعيف

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{\text{متبقي}}}$$

$PKa = -\log Ka$ $\quad Ka = 10^{-Pka}$

$PH = -\log[H^+]$ $\quad [H^+] = 10^{-PH}$

$$\text{درجة التأين} = \frac{[H+]_{\text{عند الاتزان}}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}}$$

$$\text{النسبة المئوية التأين} = \frac{[H+]_{\text{عند الاتزان}}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100\%$$

٢-القاعدة الضعيفة

$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$

$$Kb = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]_{\text{متبقي}}}$$

$PK_b = -\log K_b$ $\quad K_b = 10^{-Pkb}$

$POH = -\log[OH^-]$ $\quad [OH^-] = 10^{-POH}$

$$\text{درجة التأين} = \frac{[H+]_{\text{عند الاتزان}}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}}$$

$$\text{النسبة المئوية التأين} = \frac{[H+]_{\text{عند الاتزان}}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100\%$$

3) محلول بفر لمزيج مكون من حامض ضعيف وملحه.

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]}{[acid]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]-[H+]}{[acid]+[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]+[OH-]}{[acid]-[OH-]}$$

٤) محلول بفر لمزيج مكون من قاعدة ضعيفة وملحها.

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]}{[base]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]+[H+]}{[base]-[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]-[OH-]}{[base]+[OH-]}$$

٥) الذوبانية (S)

$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+ + B^-$

$K_{SP} = [A^+][B^-]$

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

٦- قوانين اخرى سابقة مهمة للفصل

أ- قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$ (قبل الاضافة، بعد الاضافة)

ب- قانون المولارية $M = \frac{m}{M \times V_{(L)}}$

ومنه القانون المهم جدا جدا التالي

$m = M \times M \times V_{(L)}$

٧) ثابت التأين للماء

$PH + POH = 14$

$K_w = 1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$

3-1 مقدمة :- اغلب التفاعلات تجري في المحاليل لذلك تعتبر المحاليل مهمة جدا في الكيمياء وان اغلب المحاليل تحضر باستعمال الماء او المذيبات العضوية لكن ما سيعتمد عليه هو المحاليل المائية.

3-2 المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية

المحلول المائي :- هو مزيج متجانس من ذوبان المذاب في المذيب(الماء).

وصنفت المحاليل على هذا الاساس الى صنفين

١- الالكتروليتات : - هي المواد التي يمكن لمحاليلها المائية القابلية علـــى التوصيل الكهربائي مثل كلوريد الصوديوم.

٢- المواد غير الالكترولتية:- هي المواد التي تكون لمحاليلها المائية عـــــــــدم القابلية على التوصيل الكهربائي مثل السكروز.

3-3 الالكتروليتات

- تصنف الالكتروليتات الى صنفين

١- الالكتروليتات القوية : وهي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل الكهربائي علل ((وذلك بسبب تفككها التام في محاليلها المائية)).ومن الامثلة عليه حامض HCl و NaCl و H_2SO_4 و Na_2SO_4 و NaOH .

- عملية تفكك هذه الالكتروليتات يمكن تمثيلها بالمعادلات التالية

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

- لاحظ المعادلة من سهم باتجاه واحد اي تفكك تام.

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$KNO_3 \longrightarrow K^+ + NO_3^-$$

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$$

بشكل عام هناك ٣ فئات من الالكتروليتات القوية.

١- **الحوامض القوية** ٢- **القواعد القوية** ٣- **معظم الاملاح الذائبة في الماء.**

س / كيف تحسب تراكيز الايونات في محاليل الالكتروليتات القوية؟

ج / تحسب مباشرة من تراكيز الالكتروليتات القوية كما في الامثلة ادناه.

مثال (1-3) احسب التراكيز المولارية لايون Ba^{+2} وايون OH^- في محلول 0.03M هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$.

$$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

	$Ba(OH)_2$	$Ba^{+2}_{(aq)}$	$2OH^-_{(aq)}$
	0.03	0	0
	-0.03	+0.03	2 x (0.03) للتوضيح
	0	0.03	0.06

وعليه تركيز $[Ba^{+2}]$ في المحلول = 0.03M

تركيز $[OH^-]$ في المحلول = 0.06M

تمرين (1-3) احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها 1) 0.25M من HBr   2) 0.055M من KOH   3) 0.155 من $CaCl_2$

الحـــــــلول)

1) $HBr \longrightarrow H^+ + Br^-$

HBr	H^+	Br^-
0.2	0	0
0	0.2	0.2

---

2) $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

KOH	K^+	OH^-
0.05	0	0
0	0.05	0.05

---

3) $CaCl_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2Cl^-$

$CaCl_2$	Ca^{+2}	$2Cl^-$
0.1	0	0
0	0.1	0.2

٢ - الالكتروليتات الضعيفة : هي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل ضعيفة التوصيل الكهربائي علل(لكونها تتأين بشكل محدود في الماء) ومن الامثلة عليها حامض الخليك CH_3COOH والامونيا NH_3 واملاح شحيحة الذوبان مثل $AgCl$.

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

١- الحوامض الضعيفة:- تعد الكتروليتات ضعيفة لان عملية تفككها في الوسط المائي تخضع الى حالة اتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة يمكن التعبير عنها بواسطة ثابت الاتزان.

المعادلة العامة لتفكك الحوامض الضعيفة

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

وعليه علاقة ثابت الاتزان ستكون بالصور التالية

ليس هناك فرق بين H_3O^+ و H^+

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

هذه من سيعتمد عليها ←

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Ka (a من acid وتعني حامض) وهي تمثل ثابت تفكك الحامض او ثابت التأين للحامض الضعيف.

ملاحظات حسابية لمسائل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة.

١- نكتب معادلة تفكك الحامض القوي او القاعدة الضعيفة

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad | \quad B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

٢- نكتب الفرضية من حقلين فقط حيث تمثل X تركيز ايونات $[H^+]$ للحامض و $[OH^-]$ للقاعدة.

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad | \quad B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

HA	H^+	A^-		B	BH^+	OH^-
M	0	0		M	0	0
M - X	X	X		M – X	X	X

(يهمل X في M - X)

٣- يستعمل اسلوب التقريب وذلك بإهمال قيمة X المطروحة بالحالات التالية.

أ- اذا كانت قيمة Ka او Kb = 10^{-5} ، 10^{-6} --------- الخ.

ب- درجة التفكك او التأين = 0.05 فما تحت .

جـ- النسبة المئوية للتأين = %5 فما تحت.

٤- تستخدم طريقة الدستور في حالة عدم اهمال قيمة X. (لن نستخدمها في المنهاج)

٥- درجة التفكك = $\frac{\text{(تركيز الجزء المتأين)}}{\text{التركيز الابتدائي للمادة}}$

٦- النسبة المئوية للتفكك= $\frac{\text{(تركيز الجزء المتأين)}}{\text{التركيز الابتدائي للمادة}}$ X %100

وعليه النسبة للتفكك = درجة التفكك X %100

٧- تركيز المتبقي = [التركيز الاصلي (الابتدائي)] - [المتأين]

٩- سير اتجاه التفاعل دائما امامي.

١٠- تركيز H^+ للحامض القوي = تركيز الحامض × عدد ايونات الهيدروجين في الحامض

وعليه تركيز الحامض القوي = $\frac{\text{تركيز } H}{\text{عدد ايونات الهيدروجين في الحامض}}$ / نفس الامر للقاعدة القوية

١١- ايضا احفظ قانون التخفيف وهو *عدد مرات التخفيف* = $\frac{M1}{M2}$ ⟵ $M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$

(مثال 2-3)أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في 0.1M في محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض علما انKa للحامض= 10^{-5} x 1.8؟

الحـــل / H^+ + CH_3COO^- ⇌ CH_3COOH للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.3$

0	0	0.1
X	X	0.1 – X

$$K_a = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

٢) درجة التفكك = $\frac{[H+] \text{ عند الاتزان}}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$$

٣) النسبة المئوية للتفكك = $\frac{[H+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} \times 100\%$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100\% = 1.3\%$$

حل اخر للنسبة المئوية = درجة التفكك X 100 % = $1.3 \times 10^{-2} \times 100\% = 1.3\%$

تمرين (3-3) محلول من حامض الهيدروسيانيك HCN تركيزه 0.1M و Ka له = 4.9×10^{-10} احسب تركيز H^+ درجة التفكك النسبة المئوية للتفكك ؟

الحـــل/ CN^- + H^+ ⇌ HCN

0	0	0.2
X	X	0.2 – X

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

يهمل $4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.1-X}$

بالجذر $X^2 = 0.49 \times 10^{-10}$

$X = 0.7 \times 10^{-5}$ **M** = $[H^+]$

$X = 7 \times 10^{-6}$ **M** = $[H^+]$

٢) درجة التفكك = $\frac{[OH-] \text{ عند الاتزان}}{[\text{تركيز القاعدة الابتدائي}]}$

$$= \frac{7 \times 10^{-6}}{0.1} = 7 \times 10^{-5}$$

النسبة المئوية = درجة التفكك x 100%

النسبة المئوية = $7 \times 10^{-5} \times 100\% = 7 \times 10^{-3}\%$

٢ـ القواعد الضعيفة:- وتعرف حسب مفهوم برونشتد على انها التي لها القابلية على اكتساب البروتونات ولها ثابت تفكك K_b.

أشهر القواعد الضعيفة

١ـ الامونيا NH_3

٢ـ الانيلين $C_6H_5NH_2$ او C_6H_7N

٣ـ البريدين C_5H_5N

٤ـ مثيل امين CH_3NH_2

حفظ صيغة وأسم

يعبر عن الاتزان الايوني في هذه المعادلات بكتابة H_2O في المعادلة لإظهار[-OH] في النواتج.

والمعادلة العامة هي

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

ذرة هيدروجين واحدة فقط تنتقل.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

س/ أكتب معادلات تفكك القواعد الاربعة اعلاه

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$C_6H_5NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$C_5H_5N + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$CH_3NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$$

تمرين (3-2) أحسب OH^- للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N $K_b = 3.8 \times 10^{-10}$

تركيزه = 0.2 علماً K_b للانيلين = 3.8×10^{-10}

للفائدة $\sqrt{38} = 6.2$

$$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$$

0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[C6H7NH^+][OH^-]}{[C6H7N]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{[X^2]}{0.1-X}$$ يهمل

$X^2 = 0.38 \times 10^{-10} = 38 \times 10^{-12}$

$X = 6.2 \times 10^{-6}$ **M** = $[OH^-]$

اضافي أحسب OH^- للمحلول المائي للامونيا NH_3 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

وتركيزه = 0.02M واجب / الناتج 6×10^{-4}

الحل/

أسئلة الفصل الخاصة لتفكك الحامض الضعيف والقاعدة الضعيفة

7-3 :- ما تركيز الامونيا NH_3 في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من $NH4^+$ و 1.2 $X10^{-5}$ من $[OH^-]$ علما ان ثابت تفكك الامونيا = 1.8 X 10^{-5} ؟

الحـــــل/

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH4^+ + OH^-$$

X   0.01 $1.2X10^{-5}$

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$[NH_3] = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[Kb]}$$

$$[NH_3] = \frac{0.01\ X\ 1.2\ X10^{-5}}{1.8\ X\ 10^{-5}}$$

$$[NH3] = 0.0066$$

$$= 6.6\ X\ 10^{-3}\ M$$

4-3 التأين الذاتي للماء

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال البروتون من جزئ ماء الى جزئ اخر لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ و OH^-

البرتنة : عملية انتقال البروتون من جزيئة ماء الى جزيئة ماء اخرى بصورة تلقائية وهي مسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

ويمكن كتابة المعادلة بصورة أبسط $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

وعليه

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

لاحظ ان تركيز الماء لم يكتب ايضا في المقام كون ان تركيز الماء قيمة ثابتة قد دخل مع ثابت K_w

بصورة عامة عملية تكوين H^+ مصاحبة دائما لعملية تكوين OH^-

وعليه تركيز H^+ دائما مساوي لتركيز OH^- في جزيئات الماء مما يجعل الماء محلولا متعادلا وقد اثبت الدراسات الحديثة التي أجريت على الماء ان تركيز $[H^+]$ في جزيئاته = 1 $X10^{-7}$ وكذلك تركيز $[OH^-]$

وعـــــلـــــيـــــه $K_w = (10^{-7})^2 = 10^{-14}$

ركز هنا : - كما ذكرنا ان الماء محلول متعادل ليس حامضي او قاعدي لذا اذا اضفنا اليه حامض يؤدي ذلك الى زيادة تركيز ايونات H^+ وحسب قاعدة لي شاتليه سيقلل هذا من تركيز ايونات OH^- للمحافظة على كمية Kw ثابتة والعكس صحيح. وخلاصة القول تكمن في التعابير ادناه

$[H^+] < [OH^-]$ المحلول قاعدي.

$[OH^-] < [H^+]$ المحلول حامضي.

ملاحظات حسابية عن التأين الذاتي للماء

١- أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول حامضي نقوم بالآتي

أ- نستخرج تركيز H^+ من تركيز الحامض كما تعلمنا من طرق حساب تركيز H^+ للحامض الضعيف او القوي.

ب-نستخرج OH^- من العلاقة التالية $Kw = [H^+][OH^-]$ ومن العلاقة

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

٢- أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول قاعدي نقوم بالآتي

أ- نستخرج تركيز OH^- من تركيز القاعدة القوية او الضعيفة

ب-نستخرج H^+ من العلاقة التالية $Kw = [H^+][OH^-]$ ومن العلاقة

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

٣- أذا اراد حساب H^+ من OH^- او بالعكس من العلاقة مباشرة $K_w = [H^+][OH^-]$

مثال 3-3 أحسب تراكيز H^+ و OH^- في M0.05 من حامض النتريك HNO_3 ؟

الحـــــل /

$$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$$

HNO_3	H^+	NO_3^-
0.05	0	0
0	0.05	0.05

$[H^+] = 0.05$ M

لأستخراج تركيز $[OH^-]$ نستخدم العلاقة أدناه

$Kw = [H^+][OH^-]$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[5 \times 10^{-2}]}$$

$$[OH^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[5 \times 10^{-2}]} = 2 \times 10^{-13} \text{ M}$$

تمرين (4-3) احسب تراكيز ايونات H^+ المائية في محلول يحتوي ايونات OH^- المائية بتراكيز

أ) 0.01M

$Kw = [H^+][OH^-]$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[1 \times 10^{-2}]} = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$$

ب) 2×10^{-9}M

$Kw = [H^+][OH^-]$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[2 \times 10^{-9}]}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[2 \times 10^{-9}]}$$

$= 5 \times 10^{-6}$ M

حسابات في اللوغاريتم قبل الدخول الى موضوع الأس الهيدروجيني PH والمواضيع اللاحقة

١- اللوغاريتم المستخدم في هذا الفصل اللوغاريتم الاعتيادي العشري ويعرف بالصورة التالية.

$$\text{Log } Y = X \longrightarrow Y = 10^{X}$$

$$\text{Log } 10^{Y} = Y$$

٢- لاحظ القوانين التي تنطبق على اللوغاريتم

a) $\text{Log } Z \times Y = \text{Log } Z + \text{Log } Y$

مثال ١/ جد قيمة $\text{Log } 5 \times 6$ علما ان $\text{Log } 5 = 0.7$ و $\text{Log}6=0.78$

$$\text{Log } 5 \times 6 = \text{Log } 5 + \text{Log } 6 = 0.7 + 0.78 = 1.48$$

مثال ٢/ جد قيمة لوغاريتم 7×10^{-3} علما ان لوغاريتم $7 = 0.845$

$$\text{Log } 7 \times 10^{-3} = \text{Log } 7 + \text{Log}10^{-3} = 0.845 - 3 = -2.155$$

b) $\text{Log } \frac{Z}{Y} = \text{Log } Z - \text{Log } Y$

مثال ٣/ جد قيمة $\text{Log } \frac{1.8}{1.2}$ علما أن $\text{Log}3 = 0.477$ $\text{Log}2 = 0.3$

$$\text{Log } \frac{1.8}{1.2} = \text{Log } \frac{18}{12} \quad \text{Log } \frac{3}{2} = \text{Log } 3 - \text{Log}2 = 0.477 - 0.3 = 0.177$$

٣- لاحظ كيفية ايجاد عدد اساسه 10 وفيه أس سالب

$$X= 10^{-2.32}$$

نضيف للاس 3+ و3- لماذا لان العدد الاولي 2 يعني لو كان مثلا 3.7 نضيف4+ و4- سيصبح بالصورة التالية

$$X = 10^{-2.32 +3 -3} \quad X= 10^{0.68 -3} \quad X = 10^{0.68} \times 10^{-3} = 4.79 \times 10^{-3}$$

ملاحظة : سيزودك بهذه المعلومة في السؤال $\text{Log}4.79 = 0.68$ فانت تقوم بأخذ الرقم الي بجانب اللوغاريتم وتعوضه عن القيمة التي ظهرت لك بالسؤال.

مثال ٤/ جد قيمة Y اذا علمت ان $Y= 10^{-4.54}$ علما ان $\text{Log } 2.88 = 0.46$

$$Y = 10^{-4.54 + 5 - 5} = 10^{0.46} \times 10^{-5} = 2.88 \times 10^{-5}$$

أستفد من القيم التالية (يفضل حفظها) ونصيحة قم بحفظها.

Log 1 = 0	Log 2 = 0.3	Log 3 = 0.477	Log 4 = 0.6	Log 5 = 0.7
Log 6 = 0.78	Log 7 = 0.845	Log 8 = 0.9	Log 9 = 0.954	Log 10 = 1

5-3 الاس الهيدروجيني PH

يكون عادة التعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات H^+ و OH^- صعب جدا لذا تم اقتراح
الاس الهيدروجيني PH (الدالة الحامضية) للتعبير عن حامضية المحلول.
والاس الهيدروكسيدي POH (الدالة القاعدية) للتعبير عن قاعدية المحلول.
وحسب العلاقات التالية

$$PH = -\log[H^+] = \frac{1}{[H^+]} \longrightarrow [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -\log[OH^-] = \frac{1}{[OH^-]} \longrightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$$

أشتق علاقة تربط بين قيمتي PH و POH

$$[H^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

ناخذ لوغاريتم طرفي المعادلة

$$\log[H^+]\ [OH^-] = \log(1 \times 10^{-14})$$

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = \log(1 \times 10^{-14})$$

نضرب طرفي المعادلة $-1 \times$

$$(-\log[H^+]) + (-\log[OH^-]) = -\log(1 \times 10^{-14})$$

$$PH + POH = 14$$

الجدول ادناه مهم جدا جدا ويجب حفظه

جدول يوضح طبيعة المحلول للقيم المختلفة لـPH و POH عند حرارة 25C°		
القيم عند 25°C	الحالة العامة	طبيعة المحلول
$PH < 7 < POH$	$PH < POH$	حامضي
$PH = 7 = POH$	$PH = POH$	متعادل
$PH > 7 > POH$	$PH > POH$	قاعدي

مثال (4-3) أحسب قيمة PH محلول فيه تركيز ايونات H^+ = 0.05   علما ان Log 5 =0.7

$$PH = -\log[H^+]$$

$$PH = -(\log 0.05)$$

$$PH = -(\log 5 \times 10^{-2})$$

$$PH = -(\log 5 + \log 10^{-2})$$

$$PH = -(0.7 - 2) = 1.3$$

OH^-
$=^{POH}$
$=H^+ = PH$

ملاحظة مهمة جدا

١- العلاقة بين PH و POH علاقة عكسية.
٢- العلاقة بين $[H^+]$ و $[OH^-]$ علاقة عكسية.
٣- علاقة $[H^+]$ مع POH طردية ومع PH عكسية.
٤- علاقة $[OH^-]$ مع PH طردية ومع POH عكسية.

) تمرين (5-3) أحسب قيم الدالة الحامضية للمحاليل الاتية . علما ان Log 6 = 0.78

أ) $6 X 10^{-4}$M من حامض HCl

الحـــــــــــل/

$$HCl \longrightarrow H^{+} + Cl^{-}$$

HCl	H^+	Cl^-
$6 X 10^{-4}$	0	0
0	$6X10^{-4}$	$6X 10^{-4}$

$PH= - Log [H^{-}]$

$PH= - (Log 6 X 10^{-4})$

$PH= - (Log 6 + Log10^{-4})$

$PH= - (0.78 + - 4)= 3.22$

ب) 0.03 M من حامض H_2SO4

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

H_2SO_4	$2H^+$	SO_4^{-2}
0.03	0	0
0	0.06	0.03

$PH= - Log [H^{-}]$

$PH = -(Log 0.06)$

$PH= - (Log 6 X 10^{-2})$

$PH= - (Log 6 + Log10^{-2})$

$PH = -(0.78 -2) = 1.22$

تمرين) (6-3) أذا علمت ان PH محلول حامض النتريك = 3.3 ما هي مولارية المحلول؟ علما ان Log 4.7 = 0.7

ملاحظة الحامض قوي واحادي البروتون لذلك تركيز الهيدروجين في المحلول = التركيز المولاري لذلك الحامض

الحـــــــل /

$[H^{+}] = 10^{-PH}$

$[H^{+}] = 10^{-3.3+4-4}$

$[H^{+}] = 10^{0.7-4}$

$[H^{+}] =4.7 X 10^{-4}M$ وهو نفسها مولاري الحامض

ملاحظات عن التمرين اعلاه

١- كما لاحظت كان المطلوب تركيز الحامض ولكونه حامض قوي واحادي البروتون فان تركيز الهيدروجين هو نفسه تركيز الحامض

٢- لكن لو كان الحامض ثنائي البروتون فاننا بعد استخراج تركيز الهيدروجين سنطبق هذا القانون لاستخراج تركيز الحامض القوي

$$\text{تركيز الحامض} = \frac{(H^{+})_{\text{المستخرج}}}{\text{عدد بروتونات الحامض}}$$

مثال (5-3) / أذا كانت PH محلول = 3.301 فكم يكون تركيز H^{+} فيه ؟ علما ان Log 5 = 0.699

$[H^{+}] = 10^{-PH}$

$[H^{+}] = 10^{-3.301+4-4}$

$[H^{+}] = 10^{0.699} X 10^{-4}$

$[H^{+}] = 5 X 10^{-4} = 0.0005 M$

مثال (6-3) احسب$[H^{+}]$ و PH و $[OH^{-}]$ و POH لمحلول حامض HCl تركيزه 0.015M

$$HCl \longrightarrow H^{+} + Cl^{-}$$

HCl	H^+	Cl^-
0.015	0	0
0	0.015	0.015

$[H^{+}] = 0.015 = 1.5 X 10^{-2} M$

$PH = - Log [H^{+}]$

$PH= - Log(1.5 X 10^{-2})$

$PH =- (Log1.5 + Log10^{-2})$

$PH = -(0.18 -2) =1.82$

$[H+][OH-]= 10^{-14}$

$[OH^{-}]= \frac{1 X 10^{-14}}{1.5 X 10^{-2}} = \frac{10 X 10^{-15}}{1.5 X 10^{-2}} = 6.7X 10^{-13}M$

$PH + POH = 14$

$POH = 14- PH = 14 - 1.82 = 12.18$

مثال (7-3) احسبPH محلول الامونيا بتركيز0.18M علما ان $Ka=1.8 x 10^{-5}$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^{+} + OH^{-}$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
0.18	0	0
0.18 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^{+}][OH^{-}]}{[NH3]}$$

$$1.8 X 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.18-X}$$ يهمل

$X^2 = (1.8)^2 X 10^{-6} = 3.6 X 10^{-6}$

$X = 1.8 X 10^{-3} M = [OH^{-}]$

$POH = -Log OH^{-} = -(Log1.8x10^{-3})$

$POH = -(Log1.8 +Log10^{-3})$

$POH = -(0.26 -3)=2.74$

$PH = 14 –POH = 14 -2.74=11.26$

تمرين (3-8) احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيز 0.015 وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟

واجب النتائج ستكون كالاتي

$[OH^-]$= 0.03M $[H^+]$ = 3.33 X 10^{-13} M
POH = 1.52   PH= 12.48

استفد من هذه المعلومة Log3.33 = 0.52

الحــــــــــل/

تمرين (7 -3) اكمل الجدول التالي وهل هناك علاقة واضحة بين PH و POH ولماذا

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
0.1M HI	0.1	1×10^{-13}	1	13
0.06M RbOH	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
0.02M $Ba(OH)_2$	2.5×10^{-13}	0.04	12.6	1.4
0.0003 $HClO_4$	0.0003	3.33×10^{-11}	3.53	10.47

log 4= 0.6 log 6 = 0.78 log 3 = 0.47

$$HI \longrightarrow H^+ + I^-$$

0.1 0 0

0 0.1 0.1

$[H^+] = 0.1 = 1 \times 10^{-1}$ M

PH = - log$[H^+]$

PH = -(log1 x 10⁻1)

PH = -(0 + log10⁻)

PH = 1

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-13}$

PH + POH = 14

POH = 14 – PH= 14 – 1 = 13

$$RbOH \longrightarrow Rb^+ + OH^-$$

0.06 0 0

0 0.06 0.06

$[OH^-] = 0.06 = 6 \times 10^{-2}$ M

POH = - log$[OH^-]$

POH = -(log6 x 10^{-2})

POH = -(log6 + log10^{-2})

POH = -(0.78 - 2) = 1.22

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-2}} = 1.67 \times 10^{-13}$M

PH + POH = 14

PH = 14 – POH= 14 – 1.22 = 12.78

$$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^+ + 2OH^-$$

0.02 0 0

0 0.02 0.04

$[OH^-] = 0.04 = 4 \times 10^{-2}$M

POH = - log$[OH^-]$

POH = -(log4 x 10^{-2})

POH = -(log4 + log10^{-2})

POH = -(0.6 - 2) = 1.4

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-13}$M

PH + POH = 14

PH = 14 – POH= 14 – 1.4 = 12.6

$$HClO_4 \longrightarrow H^+ + ClO_4^-$$

0.0003 0 0

0 0.0003 0.0003

$[H^+] = 0.0003 = 3 \times 10^{-4}$M

PH = - log$[H^+]$

PH = -(log3 x 10^{-4})

PH = -(log3 + log10^{-4})

PH = -(0.47 - 4) = 3.53

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-2}} = 3.33 \times 10^{-11}$

PH + POH = 14

POH = 14 – PH= 14 – 3.53 = 10.47

العلاقة بين PH وPOH علاقة عكسية كلما زادت الPH قلت ال POH والعكس صحيح

سؤال(3-3) ما عدد غرامات CH_3COOH (M=60g/mol) الواجب اضافتها الى 250mL من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علما ان PKa للحامض =4.74 Log1.8 =0.26 Log2 =0.3

الحـــــل/

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-2.7+3-3}$

$[H^+] = 10^{0.3-3}$

$[H^+] = 2 \times 10^{-3}$ M = 0.002M = X

$Ka = 10^{-PKa}$

$Ka = 10^{-4.74+5-5}$

$Ka = 10^{0.26-5}$

$Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

CH_3COOH	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	+	H^+
Y		0		0
Y – 0.002		0.002		0.002
يهمل				

$$K_a = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.002)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.002)^2}{[1.8 \times 10^{-5}]} = \frac{(4 \times 10^{-6})}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

Y = 0.22 M تركيز الحامض الابتدائي

نجد كتلة الحامض من العلاقة التالية

$m = M_{(mol/L} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$

V(L) = 250 ml/1000mL/L =0.25 L

$m = 0.22 mol_{/L} \times 60_{g/mol} \times 0.25_{(L)}$

m = 3.3 g

سؤال(15-3)كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم (M = 56g/mol) اللازم اضافتها الى 200ml لتصبح قيمة PH = 11؟

الحــــــل / ملاحظة هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية احادية الهيدروكسيد لذا بإيجاد تركيز $[OH^-]$ = تركيز القاعدة.

PH + POH= 14

POH= 14 – PH = 14 – 11 = 3

$[OH^-] = 10^{-POH}$

$[OH^-] = 10^{-3}$ = 0.001 M =[KOH]

نجد الكتلة من هذه العلاقة

$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$

$$V(L) = \frac{200\ ml}{1000\ ml/l} = 0.2L$$

$m_{(g)} = 0.001_{(mol/L)} \times 56_{(g/mol)} \times 0.2_{(L)}$

$m_{(g)} = 0.0112$ g

مثال أضافي (واجب) :- كم هي كتلة حامض الكبريتيك (M= 98g/mol) اللازم اضافتها الى 350ml لتصبح قيمة PH=2.4 علما ان Log 4 =0.6 ؟ ج/ 0.0686 g

الحـــــل/

سؤال(22-3) احسب التغيير في الاس الهيدروجيني لمحلول من الفينول تركيزه 0.2M بعد تخفيفه بالماء 100 مرة علما ان ثابت تأين الفينول = 1.3×10^{-10} علماً ان log5 =0.7

أ) 0.2M

للفائدة $\sqrt{0.26} = 0.51$

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C6H5O^-]}{[C6H5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ ← يهمل

$X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$

$X = 0.51 \times 10^{-5}$ M = $[H^+]$

$X = 5.1 \times 10^{-6}$ M

PH = - log[H⁺]

$PH = -(\log 5.1 \times 10^{-6})$

$PH = -(\log 5.1 + \log 10^{-6})$

PH = -(0.7 - 6) = 5. 3

ب) بعد التخفيف 100 مرة

$$\text{عدد مرات التخفيف} = \frac{M1}{M2}$$

$$\longrightarrow M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}} = \frac{0.2}{100} = 0.002$$

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

0.002	0	0
0.002 – X	X	X

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002-X}$$ ← يهمل

$X^2 = 0.26 \times 10^{-12}$

$X = 0.51 \times 10^{-6}$ M = $[H^+]$

$X = 5.1 \times 10^{-7}$ M

PH = - log[H⁺]

$PH = -(\log 5.1 \times 10^{-7})$

$PH = -(\log 5.1 + \log 10^{-7})$

PH = -(0.7 - 6) = 6. 3

Δ PH = 6.3 – 5.3 =1

التخفيف للالكتروليتات القوية او الضعيف بالماء

ملاحظات عن التخفيف بالماء

احيانا يعطي تركيز لحامض قوي او قاعدة قوية او ضعيفة مع التخفيف بالماء حيث يعطي حجم معلوم للماء وبالتالي فان السؤال سيحل بخطوات اخرى اضافية وكما في النقاط ادناه

١- نحسب V_2 وهو حجم الحامض او القاعدة + حجم الماء ولكن ان كان المضاف حجم قليل جدا فنعتبر حجم الماء هو V_2

٢- نطبق قانون التخفيف المعروف (بعد الاضافة) $V_1 M_1 = V_2 M_2$ (قبل الاضافة)

٣- بعد ايجاد التركيز الجديد للالكتروليت المعطى بالسؤال نجد المطلوب من السؤال بالخطوات السابقة المعروفة للالكتروليت للقوي او الضعيف.

سؤال(3-2) جد مقدار التغيير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل التالية

1 – 1mL من HCl تركيزه 10 M

عند اضافة الحامض للماء سيقل تركيزه ويحسب تركيزه الجديد وفق هذه العلاقة

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$= \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

HCl	H^+	Cl^-
0.01	0	0
0	0.01	0.01

$[H^+] = 0.01\ M = 1 \times 10^{-2}\ M$

$PH = -\log [H^+]$

$PH = -\log (1 \times 10^{-2})$

$PH = 2$

$PH_{(H2O)} = 7$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 2 - 7$

$\Delta PH = -5$

2 – 1mL من NaOH تركيزه 10 M

عند اضافة القاعدة للماء سيقل تركيزها ويحسب تركيزها الجديد وفق هذه العلاقة

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$= \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$

NaOH	Na^+	OH^-
0.01	0	0
0	0.01	0.01

$[OH^-] = 0.01\ M = 1 \times 10^{-2}\ M$

$POH = -\log [OH^-]$

$POH = -\log (1 \times 10^{-2})$

$POH = 2$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 - 2 = 12$

$PH_{(H2O)} = 7$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 12 - 7$

$\Delta PH = 5$

سؤال(3-17) احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1ml من 10M من حامض HCl الى لتر من الماء. علما ان

الحـــل / بما انه تم تخفيف الحامض يحسب له التركيز الجديد

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2 \longrightarrow M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2} = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01 = 10^{-2}\ M$

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

HCl	H^+	Cl^-
10^{-2}	0	0
0	10^{-2}	10^{-2}

$PH = -\log [H^+]$

$PH = -\ 10^{-2}$

$PH = 2$

3-6 التحلل المائي للاملاح

ج / هو تفاعل المادة المراد اذابتها مع الماء حيث تتضمن التفاعل مع ايونات H^+ او OH^-.

- انواع التحلل المائي.
- هناك انواع من التحلل **مثال / تفاعل ايون الخلات مع الماء.**

$$CH_3COO^- + H^+ - OH^- \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

زيادة من OH^- حامض الخليك الضعيف.

- وهناك نوع اخر من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر الموجب (الحامض القرين M^+) للقاعدة مثال / تفاعل ايون الأمونيوم مع الماء.

$$NH_4^+ + H^+ - OH^- \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$

ان التعامل مع المحاليل المائية المخففة للاملاح يتطلب تصنيف الاملاح

١- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.
٢- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة.
٣- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.
٤- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض ضعيفة.

النوع الأول : املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.

هي الاملاح الناتجة من الأيون الموجب للقاعدة القوية والايون السالب للحامض للقوي وهو يعطي محاليل متعادلة ((وذلك لان ليس لايوناتها الموجبة او السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء)).

من الامثلة على هذه الاملاح KCl و NaCl و NaBr و K_2SO_4

بصورة عامة ان التقى احد الجذور للحوامض القوية مع احد الجذور للقاعدة القوية يتكون ملح متعادل مع بعض الاستثناءات **(راجع بداية الملزمة لتحدد جذور الحوامض القوية والقواعد القوية)**

علل ١ / NaCl لا يؤثر على PH الماء؟

ج/ لأنه ملح متعادل ناتج من تفاعل حامض قوي HCl مع قاعدة قوية NaOH

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

النوع الثاني : املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة قاعدية دائما بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحامض الضعيف التفاعل مع أيونات H^+ في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تحصل زيادة في ايونات OH^- فتظهر الصفة القاعدية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح CH_3COONa – $HCOOK$ – KCN بصورة عامة ان التقت جذور القواعد القوية مع جذور الحوامض الضعيفة .

علل٢/ عند ذوبان ملح خلات الصوديوم في الماء يتكون ملح قاعدي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل ايونات الخلات السالبة (قاعدة قرينة قوية) مع ايونات H^+ لتكوين CH_3COOH وبذلك تنقص ايونات H^+ وسيصبح هناك فائض في ايونات OH^- ويصبح المحلول قاعدي.

$$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CH_3COO^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons OH^-_{(\text{زيادة})} + H^+$$

$$CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$$

علل٣/ عند ذوبان ملح فورمات البوتاسيوم HCOOK في الماء تزداد قيمة PH؟ وزاري2003

ج/

النوع الثالث : املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة حامضية دائما بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات OH^- في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في ايونات H^+ فتظهر الصفة الحامضية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح C_5H_5NHCl – NH_4Br – NH_4Cl بصورة عامة ان التقت جذور القواعد الضعيفة مع جذور الحوامض القوية .

مثال توضيحي/

$$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+_{(\text{زيادة من})}$$

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4OH$$

علل/ عند ذوبان ملح نترات الامونيوم في الماء يتكون ملح حامضي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل ايونات الامونيوم الموجبة (حامض قرين قوي) مع ايونات OH^- لتكوين NH_4OH وبذلك تنقص ايونات OH^- وسيصبح هناك فائض في ايونات H^+ ويصبح المحلول حامضي.

$$NH_4NO_3 \xrightarrow{H2O} NH_4^+ + NO_3^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+_{(\text{زيادة من})}$$

علل/ عند ذوبان ملح كلوريد البيريديوم C_5H_5NHCl تقل قيمة PH؟

ج/

3-7المحاليل المنظمة (محلول بفر)

محلول بفر : محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة الاس الهيدروجيني PH عند أضافة كمية صغيرة من حامض قوي او قاعدة قوية.

محلول بفر يكون نوعين

١- حامض ضعيف وملحه وقانونه يكون بالصورة الأتية

$$PH = PKa + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

٢-قاعدة ضعيفة وملحها وقانونها يكون بالصورة الأتية

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

حالات محلول بفر

١) اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+$$

المؤثر هو الحامض القوي الذي يطلق ايونات H^+ فيزداد تركيزها وبالتالي سيؤدي الى ترجيح التفاعل الخلفي حسب قاعدة لي شاتليه فيزداد تركيز الحامض ويقل تركيز الملح بمقدار الاضافة وسيكون القانون لهذه الحالة بالصورة التالية.

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

٢)اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$
$$\rightarrow H_2O$$

المؤثر هو القاعدة القوية NaOH التي تطلق ايونات OH^- وتتحد مع ايونات H^+ الصادرة من الحامض الضعيف لانتاج الماء اي يقل تركيز $[H^+]$ وحسب قاعدة لي شاتليه يترجح التفاعل الامامي فيقل تركيز الحامض ويزداد تركيز الملح بمقدار الاضافة ويكون القانون كالاتي

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$$

س وزاري / وفق قاعدة لي شاتليه وضح كيف يحافظ محلول بفري مكون من حامض ضعيف وملحه على أسه الهيدروجيني عند أ) اضافة حامض قوي اليه ب) أضافة قاعدة قوية اليه.

الجواب/ العبارتين في الصفحة السابقة اللتان تبدأن بكلمة المؤثر..

٣)اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$HCl \longrightarrow Cl^- + H^+$

$\rightarrow H_2O$

عند أضافة حامض HCl سوف يطلق ايونات [H+] التي ستتفاعل مع ايونات الهيدروكسيد لتكوين الماء وبالتالي يقل تركيز[OH^-]ويترجح التفاعل الامامي للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

٤)اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$NaOH \longrightarrow Na + OH^-$

عند أضافة القاعدة سوف يطلق ايونات [OH^-] التي تؤدي الى زيادة في ايونات[OH^-]ويترجح التفاعل الخلفي لتعويض لزيادة الحاصلة حسب قاعدة لي شاتليه للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt] - [OH^-]}{[base] + [OH^-]}$$

قوانين اخرى تخص قانون بفر

$$[H^+] = Ka \times \frac{[acid]}{[salt]} \qquad [OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

ملاحظات

١ـ تستعمل كثير من اجسامنا محلول بفر للمحافظة على قيمة PH ضمن نطاق محدود لا تسمح بتجاوزه.

٢ـ عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي الى الماء تزداد تراكيز H^+ بينما لا تؤدي اضافة نفس الكمية من الحامض الى محلول بفر(حامض وملحه) زيادة ملحوظة والسبب ان ايون H^+ في محلول بفر لا يبقى حرا في المحلول حيث يتفاعل مع ايون الحامض الضعيف وبذلك لا تنخفض قيمة PH بل تبقى ثابتة.

الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر

مثال (3-9) أحسب تراكيز H^+ و PH لمحلول مكون من 0.1 M حامض الخليك و 0.2M خلات الصوديوم علما ان $Ka = (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ علما ان Log 9 = 0.954

الحــــــل/ المحلول محلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وعليه

$$[H^+] = Ka \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.2]} = 0.9 \times 10^{-5} = 9 \times 10^{-6}\ M$$

$PH = -Log [H^+]$

$PH = -(Log\ 9 \times 10^{-6})$

$PH = -\ (Log\ 9 \times 10^{-6})$

$PH = -(0.954 - 6) = 5.046$

حساب PH بطريقة اخرى

$$PH = PKa + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = -(log 1.8 \times 10^{-5}) + Log \frac{[0.2]}{[0.1]}$$

$$PH = 4.74 + 0.3 = 5.04$$

تمرين (3-9) احسب قيمة PH لمحلول يحتوي NH_3 بتركيز 0.15M و NH_4Cl بتركيز 0.3M وقارن النتيجة مع PH محلول الامونيا ذو تركيز 0.15M (علما ان $PK_b = 4.74$ Log1.6=0.2) ($\sqrt{2.7} = 1.6$) (Log 1.8 =0.26) (Log2= 0.3)

الحــل/ المحلول الاول محلول بفر قاعدة ضعيفة وملحها

$$POH = PK_b + Log \frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{[0.30]}{[0.15]}$$

$POH = 4.74 + Log\ 2$

$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH = 14 - 5.04 = 8.96$

المحلول الثاني محلول الامونيا فقط.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.15		0	0
0.15 – X		X	X

يجب حساب K_b اعتماد على PK_b

$K_b = 10^{-PKb}$

$K_b = 10^{-4.74 +5 -5}$

$K_b = 10^{0.26} \times 10^{-5}$

$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

تكملة تمرين (3- 9)

$$K_b = \frac{X^2}{(0.15 - X)}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.15 - X)}$$

$X^2 = 0.27 \times 10^{-5}$

$X^2 = 2.7 \times 10^{-6}$

$X = 1.6 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$

$POH = -Log [OH^-]$

$POH = -(Log\ 1.6 \times 10^{-3})$

$POH = -\ (Log\ 1.6 + Log\ 10^{-3})$

$POH = -(0.2 - 3) = 2.8$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 – 2.8 = 11.2$

$\Delta PH = PH_2 – PH_1$

$\Delta PH = 11.2 – 8.96 = 2.24$

رحلة التفوق في السادس
عطاء بلا حدود
A .M. Z

مثـــال (3-11)

خطوات حل هذا نوع من المسائل.

١)ان حجم الحامض القوي او القاعدة القوية المضاف سيتغير وبالتالي سيتغير تركيزهما وعليه يجب أيجاد التركيز الجديد بعد الاضافة باستخدام هذه العلاقة

V1 M1 = V2 M2
قبل الاضافة بعد الاضافة

٢) المفروض ان V2 = حجم الحامض+حجم محلول بفر ولكن اذا كان حجم المضاف صغير جدا من 1ml الى 5ml فتهمل هذه الاضافة ويكون V_2 هو نفسه حجم المحلول.

٣) بعد الانتهاء من أيجاد تركيز المضاف نحدد اي نوع من الانواع الاربعة ونطبق له القانون المناسب.

٤) الحامض او القاعدة المضاف تركيزهما الجديد هو من سيعوض مكان [H+] او [OH-] في القانون المناسب

أحسب قيمة PH بعد أضافة 1ml من حامض HCl تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك تركيزه 0.1M وخلات الصوديوم تركيزها 0.1M علما ان $PK_a = 4.74$ Log8.1= 0.91

الحل/ ان المضاف هو حامض الهيدروكلوريك يحسب له التركيز الجديد بعد الإضافة

$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$

$V_1M_1 = V_2M_2$

$M_2 = \frac{V1\ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01 = [H^+]$

من معلومات السؤال هذا النوع هو اضافة حامض قوي لمحلول بفر مكون حامض ضعيف وملحه وقانونه بالصورة التالية

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{(0.10)-(0.01)}{(0.10)+(0.01)}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + Log\ 0.81$$

$$PH = 4.74 + Log\ 8.1\ x10^{-1}$$

$$PH = 4.74 + (Log\ 8.1 + Log10^{-1})$$

$$PH = 4.74 + (0.91 - 1)$$

$$PH = 4.74 - (0.09) = 4.65$$

تمرين (3-10) ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3M علما ان قيمة PH للمحلول تساوي 4.31 و $Ka = 1.8\ X\ 10^{-5}$

Log 1.8 =0.26 Log0.37 = -0.43

الحــــــل/ المحلول بفر من حامض ضعيف وملحه

$PH = PK_a + Log\frac{[Salt]}{[acid]}$

$PKa = -(Log\ Ka) = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$

$PKa = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$

$PKa = -(0.26 \times -5) = 4.74$

$4.31 = 4.74 + Log\frac{[0.3]}{[acid]}$

$-0.43 = Log\frac{[0.3]}{[acid]}$

$\not{Log}\ 0.37 = \not{Log}\frac{0.3}{[acid]}$

$[acid] = \frac{0.3}{0.37} = 0.81\ M$

مثال (3-10) ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي امونيا تركيز 0.1M لتكن قيمة PH = 9 .($PK_{b\ NH_3} = 4.74$)

Log 1.82 =0.26

الحـــــل/ المحلول بفر من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب التحويل من PH الى POH

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH$

$POH = 14 - 9 = 5$

$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]}{[base]}$

$5 = 4.74 + Log\frac{[Salt]}{[base]}$

$0.26 = Log\frac{[Salt]}{0.1}$

$\not{Log}\ 1.82 = \not{Log}\frac{[Salt]}{0.1}$

$[Salt] = 1.82\ X0.1 = 0.182\ mol/L$

> ملاحظة مهمة
> بما ان كلوريد الامونيوم حلح حامضي لذا يجب ان يتم التعامل مع POH و ليس PH لذا قمنا بعملية التحول

تمرين (3- 11) ما هو التأثير الناتج من أضافة 0.5 mol من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا تركيز 0.1 M على درجة تفكك القاعدة $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

الحـــــــــل/ نحسب درجة التفكك قبل أضافة الملح.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ ← يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \longrightarrow X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]\ \text{عند الاتزان}}{[NH_3]\ \text{الابتدائي}} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = \boxed{1.3 \times 10^{-2}}$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$\longrightarrow [OH^-] = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 10^{-1}}{0.5} = 3.6 \times 10^{-6} M$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]\ \text{عند الاتزان}}{[NH_3]\ \text{الابتدائي}} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان درجة تفكك القاعدة قد قلت نتيجة نقص تركيز ايون الهيدروكسيد عند الاتزان

ملاحظة :ـ نفس هذا التمرين اعلاه قد ورد وزاريا لكن بتغير بسيط انه لم يعطي المعلوم للمضاف مول ولكن اعطاه بالغرامات واعطى الكتلة المولية له لذا حساب تركيز المضاف يكون بالاعتماد على هذا القانون

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L}$$

تمرين (12-3) احسب قيمة PH

أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M

ب) لنفس المحلول لكن بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيز 10 M ثم احسب التغير في PH وناقش النتيجة

علما ان $PK_b = 4.74$ Log 1.5 = 0.18

أ) الحــل / المحلول مكون من قاعدة ضعيفة وملحها وقانونه سيكون بالصورة التالية

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.1}{0.1}$$

POH = 4.74

PH + POH = 14

PH = 14 - POH

PH = 14 – 4.74 = 9.26

حــــل فرع ب)ان المضاف هو حامض الكبريتيك القوي ويحسب له التركيز بعد الاضافة

V_2 = 1L X 1000 ml/L = 1000 ml

$V_1M_1 = V_2M_2$

$$M_2 = \frac{V1\ \ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01\ M\ [H_2SO_4]$$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

H_2SO_4	$2H^+$	SO_4^{-2}
0.01	0	0
0	0.02	0.01

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{(0.1)+(0.02)}{(0.1)-(0.02)}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.12}{0.08}$$

POH = 4.74 +Log1.5

POH = 4.74 + 0.18 = 4.92

PH = 14 – 4.92 = 9.08

ΔPH = 9.08 - 9.26 = - 0.18

المناقشة:- نلاحظ قيمة PH قد قلت وهذا يعني ان تركيز OH^- قد قل بسبب اتحادها مع ايونات H^+ القادمة من الحامض القوي.

سؤال (3-19) محلول بفر مكون من 0.02M من NH_4Cl و 0.01M من NH_3 اضيف الى لتر من المحلول 1ml من KOH بتركيز 10M احسب مقدار التغيير في PH علما ان $Kb_{(NH_3)}=1.8X10^{-5}$

اولاً نحسب PH قبل الاضافة

$PK_b = -(\text{Log } K_b) = -(\text{Log } 1.8 \times 10^{-5})$

$PK_b = -(\text{Log } 1.8 + \text{Log } 10^{-5})$

$PK_b = -(0.26 \times -5) = 4.74$

$$POH = PK_b + \text{Log}\frac{[Salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log}\frac{0.02}{0.01}$$

$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 - 5.04 = 8.96$

ثانيا : - نحسب PH بعد الاضافة

$V_2 = 1L \ X\ 1000\ ml/L = 1000\ ml$

$V_1M_1 = V_2M_2$

$$M_2 = \frac{V1\ \ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01\ M\ [OH^-]$$

$$POH = PK_b + \text{Log}\frac{[Salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log}\frac{(0.02)-(0.01)}{(0.01)+(0.01)}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log}\frac{0.01}{0.02}$$

$POH = 4.74 + (\text{Log}1 - \text{Log}2)$

$POH = 4.74 + (0 - 0.3)$

$POH = 4.44$

$PH = 14 - 4.44 = 9.56$

$\Delta PH = 9.56 - 8.96 = 0.6$

السؤال (3-11) أحسب كتلة كلوريد الامونيوم (M=53.5g/mol) الواجب اضافتها الى 500 ml من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة PH = 9 علما ان $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$ Log 1.8 =0.26

الحـــــــل/

$$PKb = -(\text{Log } Kb)$$
$$PKb = -(\text{Log } 1.8 \times 10^{-5})$$
$$PKb = -(\ 1.8 + \text{Log } 10^{-5})$$
$$PKb = -(0.26 \times -5) = 4.74$$

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH$$
$$POH = 14 - 9 = 5$$
$$POH = PK_b + \text{Log} \frac{[salt]}{[acid]}$$
$$5 = 4.74 + \text{Log} \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$5 - 4.74 = \text{Log} \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$0.26 = \text{Log} \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$\text{Log}1.8 = \text{Log} \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$[salt] = 0.15 \times 1.8 = 0.27M$$

$$V(L) = \frac{500\ mL}{1000\ ml/L} = 0.5L$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$
$$m_{(g)} = 0.27_{(mol/L)} \times 53.5_{(g/mol)} \times 0.5_{(L)} = 7.22\ g$$

سؤال (8-3) أ- ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز HNO_2 بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M علما ان $Ka=4.5 \times 10^{-4}$

للفائدة (Log4.5 = 0.65) - (Log1.25 = 0.1) – (Log1.84 = 0.265)

الحــــــل/ المحلول بفر ناتج من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PKa + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PKa = -(Log\ Ka)$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 \times 10^{-4})$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 + Log\ 10^{-4})$$

$$PKa = -(0.65 \times -4) = 3.35$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{[0.15]}{[0.12]}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.25$$

$$PH = 3.35 + 0.1 = 3.45$$

ب)أحسب قيمة PH المحلول الناتج بعد أضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم كتله المولية 40g/mol الى لتر واحد من محلول بفر

اولا نجد تركيز القاعدة وبما ان المضاف بالغرامات نجده من هذه العلاقة.

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L} = \frac{1m_{(g)}}{40_{(g/mol)} \times 1_L} = 0.025\ M$$

ان المضاف هو قاعدة قوية الى محلول بفري حامض ضعيف وملحه وعليه القانون سيكون

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{[0.15] + [0.025]}{[0.12] - [0.025]}$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{(0.175)}{(0.095)}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.84$$

$$PH = 3.350 + 0.265 = 3.615$$

ملاحظات : يمكن ايجاد تركيز الحامض او القاعدة المضافة ب ٣ طرق وهي

١- الاضافة الحجمية حينما يعطي المضاف بالحجم والمولاري(يكون على الاغلب رقم كبير) نطبق قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$

٢- الاضافة الغرامية حينما يكون المضاف بوحدة الغرام وتعطى كتلته المولية نجد تركيز من هذا القانون

$$M = \frac{(m)}{M \times V(L)}$$

٣- اذا اعطى المضاف تركيز مولارى برقم صغير جدا ولم يذكره حجمه يطبق هذا الرقم مباشرة

السؤال (9-3) أذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو PH= 9 ناتج من مزج NH_3 مع NH_4Cl كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$ علما ان PK_b= 4.74؟ Log1.82 =0.26

الحـــــــــل/ المحلول ناتج من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب أيجاد قيمة POH

انتبه جيدا في حل الاسئلة على النوع وعلى الدالة فكما لاحظت في هذا السؤال اعطى قاعدة وملحها ولكن اعطى PH لهذا تم تحويلها الى POH ويمكن ان يحدث العكس.

$$PH + POH = 14$$

$$POH = 14 - PH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$$

$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 5 - 4.74$$

$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 0.26$$

$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = Log1.82$$

مثال اثرائي / ما عدد غرامات ومولات ملح سيانيد البوتاسيوم KCN (M=65g/mol) الواجب اضافتها الى 400ml من 0. 2M حامض الهيدروسيانيك لجعل POH = 7.7 علما ان PKa =9.3

الجواب=g 0.0052 0.00008mol

السؤال (3-23) محلول من حامـــــــــــــــض ضعيف وملحه النسبة المئوية لتاينه 1% و PH=2.7 مزج مع ملحه المشتق منه تركيزه 0.1M ما PH المحلول الناتج بعد المزج

الحـــــــل/ اولا نستخرج من PH تركيز H^+

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-2.7+3-3}$$
$$[H^+] = 10^{0.3-3}$$
$$[H^+] = 2 \times 10^{-3}\ M = 0.002M = X$$

$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = \frac{[H+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} \times 100\%$$

$$1 = \frac{0.002}{Y} \times 100\ \%$$

$Y = 0.2$ التركيز الابتدائي للحامض للضعيف

$$Ka = \frac{[(0.002)^2]}{0.2} = 2 \times 10^{-5}$$

$$PKa = -(\text{Log } Ka)$$
$$PKa = -(\text{Log } 2 \times 10^{-5})$$
$$PKa = -(\text{Log } 2 + \text{Log } 10^{-5})$$
$$PKa = -(0.3 \times -5) = 4.7$$

$$PH = PKa + \text{Log}\frac{[salt]}{[acid]}$$
$$PH = 4.7 + \text{Log}\frac{[0.1]}{[0.2]}$$
$$PH = 4.7 + (\text{Log } 1 - \text{Log} 2)$$
$$PH = 4.7 + (0 - 0.3)$$
$$PH = 4.7 - 0.3 = 4.4$$

السؤال (3-24) اضيف 0.05mol من محلول $Ba(OH)_2$ مرة الى لتر من الماء المقطر ومرة اخرى الى لتر من محلول مكون من HCN و NaCN كل منهما بتركيز 0.3M كم سيكون مقدار التغيير في قيمة PH في الحالتين علما ان Ka للحامض= $6x10^{-3}$

واجب / الحل (واجب) سيكون مقدار التغيرالماء = 6 مع بفر 0.3

الذوبانية

وثابت حاصل الذوبان

الذوبانية : هي عدد مولات المادة الصلبة التي تذوب في لتر واحد من المحلول اي انها تمثل حالة اتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة.

س/ على ماذا يعتمد قابلية الذوبان لكل مادة ايونية خاصة الاملاح في الماء.

ج/ ١ـ الفرق في مقدار الطاقة للازمة لكسر الاواصر بين الايونات المكونة للمادة

٢ـ ومقدار ما ينتج من طاقة نتيجة انتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها.

يمكن وصف عملية ذوبان مركب ايوني في الماء بالصورة التالية وايجاد الثابت له ايضا

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$$

و لكون المركب شحيح الذوبان في الماء لذا يمكن اعتبار قيمة AB تبقى ثابته لا تتغير لتفكك جزء صغير منها وايضا كما هو معلوم قيمة الماء ثابتة ايضا لذا يدخلان مع قيمة ثابت الحاصل الايوني.

$$K_{sp} = [A^+][B^-]$$

K_{sp} هو ثابت حاصل الذوبان وهو قيمة ثابته عند ثبوت درجة الحرارة ويعرف

(هو حاصل ضرب التراكيز المولارية للايونات المكونة للمركب عند حالة الاتزان كل منها مرفوع لاس مساو لعدد المولات بالمعادلة الكيميائية الموزونة والتي تعبر عن تفكك المركب)

س/ ماذا نقصد بالذوبانية المولارية وكيف يمكن تحويل الذوبانية بوحدة g/L الى الذوبانية المولارية. ج/ وهي التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ووحدتها (mol/L) ويرمز لها (S)وتحول من الغرامية الى وحدتها باستخدام القانون.

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

ولإيجاد التركيز الغرامي من المولاري يصبح القانون بالصورة التالية

$$S\ (g/L) = S(mol/L) \times M(g/Mol)$$

س/ اكتب التعبير لثابت حاصل الاذابة لأملاح

أ) ملح أحادي – أحادي التكافؤ او ثنائي – ثنائي التكافؤ مثل AgCl او $BaSO_4$

$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$

S S

$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$

S S

$K_{SP} = S \times S = S^2$

ب) ملح أحادي – ثنائي التكافؤ مثل CaF_2 او $Zn(OH)_2$

$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^{-}$

S 2S

$K_{SP} = S \times (2S)^2 = 4S^3$

ج) ملح ثنائي – ثلاثي التكافؤ مثل $Ca_3(PO_4)_2$

$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{+2} + 2PO_4^{-3}$

3S 2S

$K_{SP} = (3S)^3 \times 2(S)^2 = 108\ S^5$

ملاحظات حسابية قبل الدخول الى مسائل الذوبانية.

١- القواعد أعلاه تطبق على الاملاح شحيحة الذوبان.

٢- نحن نعرف ان هذا الملح شحيح الذوبان عندما يعطي في السؤال قيمة K_{sp} او تكون مجهولة.او حينما يطلب حاصل الذوبان

٣- معادلة ملح شحيح الذوبان تتطلب . $\rightleftharpoons$

٤- للتذكير الذوبانية تكون بالتركيز المولاري (mol/L) وعندما تعطى بوحدة التركيز الغرامي g/L تحول وفق هذه العلاقة

$S(mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M(g/mol)}$.

مثال (12-3) ما هي الذوبانية المولارية لمحلول ملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ اذا علمت ان حاصل الذوبان لهذا الملح $KSp= 1.6 \times 10^{-8}$. (للفائدة $\sqrt{1.6}$ =1.26).

الحـــــــــــل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$

S S

$K_{sp} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$

$K_{sp} = S \times S = S^2$

$\longrightarrow S^2 = 1.6 \times 10^{-8}$ نجذر الطرفين

$S = 1.26 \times 10^{-4}\ mol/L$

مثال(3-13) أحسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم $BaSO_4$ (233g/Mol) اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المشبع يحوي 0.0025g من الملح.

الحــــــــل/ نحول الوحدات الى وحدات المولارية

$$S\,(mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.00250\,g/L}{233\,g/mol} = \frac{250\,X\,10^{-5}}{233} = 1.1\,X\,10^{-5}\,mol/L$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

S　　S

$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$

$K_{sp} = S\ X\ S = S^2$

$K_{sp} = (1.1\ X\ 10^{-5})^2$

$K_{sp} = 1.21\ X\ 10^{-10}$

تمرين(3-14)اذا علمت ان لتر واحد من محلول كرومات الفضة Ag_2CrO_4(M=332g/mol) يحوي 0.0215g احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح.

$$S\,(mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.02150\,g/L}{332\,g/mol} = \frac{2150\,X\,10^{-5}}{332} = 6.5\,X\,10^{-5}\,mol/L$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+} + CrO_4^{-2}$$

2S　　S

$K_{sp} = [Ag^{+}]^2[CrO_4^{-2}]$

$K_{sp} = (2S)^2\ X\ S = 4S^3$

$K_{sp} = 4(6.5\ X\ 10^{-5})^3$

$K_{sp} = 1098.5\ X\ 10^{-15} = 1.098\ X\ 10^{-12}$

تمرين (3-15) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة g/L لمحلول كلوريد الفضة AgCl (M=143.5g/mol) علما ان حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{Sp} = 1.8\ X\ 10^{-10}$. (للفائدة $\sqrt{1.8}$ =1.34)

الحــــــــــــل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

S　　S

$K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$

$K_{sp} = S\ X\ S = S^2$

$\longrightarrow$ $S^2 = 1.8\ X\ 10^{-10}$ نجذر الطرفين

$S = 1.34\ X\ 10^{-5}\ mol / L$

نجد الذوبانية بدلالة g /L من العلاقة التالية

$S(g/L) = S(mol/L)\ X\ M(g/mol)$

$S(g/L) = 1.34\ X\ 10^{-5} mol/L\ X\ 143.5 g/mol = 1.93\ X\ 10^{-3}\ g/L$

تمرين (13-3) أحسب قيمة ثابت حاصل الذوبان K_{sp} لملح يودات الرصاص $Pb(IO_3)_2$ اذا علمت ان لترا واحد من محلوله المائي المشبع يحوي على 3.9×10^{-5} M واجب الناتج سيكون 2.4×10^{-13}

الحل/

الذوبانية والترسيب للمركب شحيح الذوبان (الحاصل الايوني)

الحاصل الايوني : هو حاصل ضرب تراكيز الايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان مرفوع الى أس مساو الى عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة وليس بالضرورة ان يكون في حالة اتزان.

((الخلاصــــــــــــة))

الحاصل الايوني > K_{sp} التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني < K_{sp} التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل = K_{sp} المحلول مشبع سرعة الذوبان = سرعة الترسيب.

ملاحظات حسابية عن الحاصل الأيوني.

مسائل الحاصل الأيوني نوعين نوع يذكر فيه عبارة احسب ادنى تركيز او اقل دالة حامضية او قاعدية والنوع الأخر يذكر فيه عبارة هل يترسب

خطوات حل عبارة أدنى تركيز او اقل دالة حامضية

أ- نكتب معادلة التفكك ونكتب تحت احد الايونات قيمة معلومة ستعطى بالسؤال اما الايون المجهول يبقى حقله فارغا.

ب- ستعطى قيمة حاصل الاذابة من هذه القيمة وقيمة الايون المعلوم يمكن استخراج قيمة الايون المجهول.

جـ- اذا كان المطلوب اقل دالة حامضية او قاعدية سيكون الملح حاويا على OH هي من ستكون مجـــهولة بعد استخراج قيمتها تحول الى PH او POH حسب مطاليب السؤال.

خطوات حل عبارة هل يترسب.

أ- نجد قيمة الحاصل الايوني من التراكيز المعطاة والتي يجب ان تكون بتركيز mol/L

ب- نقارنها مع قيمة Ksp التي تعطى او يمكن الوصول اليها.

اذا كانت قيمة الحاصل الايوني اكبر من قيمة K_{sp} نقول يترسب.

اذا كانت قيمة الحاصل الأيوني أصغر من قيمة K_{sp} نقول لا يترسب.

مثال(14-3) أذا علمت ان تركيز الفلوريد في محلول CaF_2 يساوي $2 X 10^{-2}M$ أحسب ادنى تركيز من أيون الكالسيوم يكون لازما وجوده في المحلول لبدء ترسيب ملح فلوريد الكالسيوم.

$K_{sp} = (4.9 X 10^{-11})$

الحــــــــــــــل/ نكتب معادلة تفكك CaF_2

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$$

$2X10^{-2}$

$$K_{sp} = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{K_{sp}}{(F^-)^2} = \frac{4.9 X 10^{-11}}{(2 X 10^{-2})^2} = \frac{4.9 X 10^{-11}}{4 X 10^{-4}} = 1.225 X 10^{-7} M$$

وعليه يجب أن يكون تركيز الكالسيوم اكبر من $1.225 X 10^{-7}$ لبدء الترسيب

تمرين (19-3) ما هي أقل دالة حامضية PH لمحلول يحتوي ايون الحــــــديد الثلاثي بتركيز $2 X 10^{-10}M$ التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد الثلاثي بالظهور في المحلول؟ علما ان $K_{sp}=5 X 10^{-38}$ (علما ان $\sqrt[3]{250} = 6.3$) (Log1.58 =0.2)

الحــــــــــــــل/ نكتب معادلة تفكك $Fe(OH)_3$

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

$2X10^{-10}$

$$K_{sp} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(Fe^{+3})} = = \frac{5 X 10^{-38}}{2 X 10^{-10}} = 2.5 X 10^{-28} = 250 X 10^{-30} M$$ بالجذر التكعيبي

$[OH^-] = 6.3 X 10^{-10} M$

$[H^+][OH^-] = 1 x 10^{-14}$

$$[H^+] = \frac{1 x 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 x 10^{-14}}{[6.3 X 10^{-10}]} = \frac{10 x 10^{-15}}{[6.3 X 10^{-10}]} = 1.58 x 10^{-5} M$$

$PH= - Log [H^-]$

$PH = -(Log 1.58 x10^{-5})$

$PH= - (Log 1.58 +Log 10^{-5})$

$PH= -(0.2 -5) = 4.8$

سؤال(18-3) ان تركيز ايون الكالسيوم (M= 40g/mol) في بلازما الدم = 0.1g/L فاذا كان تركيز الاوكزالات = 1×10^{-7} M هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 علما ان $PK_{sp} = 8.64$ ؟ (((للفائدة Log 2.3 =0.36)))

الجواب/ نحسب الحاصل الايوني لكن يجب ايجاد الذوبانية المولارية لأيون الكالسيوم

$$S\ (mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.1\ g/L}{40\ g/mol} = \frac{1}{400} = 0.0025 = 2.5 \times 10^{-3}\ mol/L$$

معادلة تفكك اوكزالات الكالسيوم

$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2} + C_2O_4^{-2}$$

Ca^{+2}: 2.5×10^{-3} ، $C_2O_4^{-2}$: 1×10^{-7}

الحاصل الايوني = $[Ca^{+2}]\ [C_2O_4^{-2}]$

الحاصل الايوني = $2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-7} = \underline{2.5 \times 10^{-10}}$

نجد قيمة K_{sp} من PK_{sp}

$K_{sp} = 10^{-PKsp}$

$K_{sp} = 10^{-8.64 + 9 - 9}$

$K_{sp} = 10^{0.36 - 9}$

$K_{sp} = 10^{0.36} \times 10^{-9}$

$K_{sp} = \underline{2.3 \times 10^{-9}}$

نلاحظ قيمة الحاصل الايوني أقل من قيمة K_{sp} وعلية لا يترسب اوكزالات الكالسيوم

تمرين (16-3) هل يتكون راسب عند مزج 10ml من 0.01M من محلول يحتوي ايونات SO_4^{-2} و10ml من 0.001M محلول ايونات Ba^{+2} علما ان $Ksp(BaSO4) = 1.6 \times 10^{-10}$

الحل / نجد تركيز كل ايون بعد عملية المزج

$V_2 = 10 + 10 = 20ml$

بالنسبة للأيون الاول ايون SO_4^{2-}

$M_1V_1 = M_2V_2$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{0.01M \times 10\ ml}{20\ ml} = 0.005 = 5 \times 10^{-3}\ M$$

بالنسبة للايون الاول Ba^{+2}

$M_1V_1 = M_2V_2$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{0.001M \times 10\ ml}{20\ ml} = 0.0005 = 5 \times 10^{-4}\ M$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

Ba^{+2}: 5×10^{-4} ، SO_4^{-2}: 5×10^{-3}

الحاصل الايوني = $[Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$

الحاصل الايوني = $[5 \times 10^{-3}][5 \times 10^{-4}] = 25 \times 10^{-7}$

الحاصل الايوني > من KsP يحصل ترسيب.

العوامل المؤثرة على الذوبانية

١- تأثير درجة الحرارة ٢- تأثير الايون المشترك ٣- تأثير الاس الهيدروجيني.

١)**تأثير درجة الحرارة :-** تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحـــــرارة لكن الزيادة تختلف من مادة أخرى.

٢) تأثير الأيون المشترك:- ***حسب قاعدة لي شاتليه يمكن للاملاح شحيحة الذوبان ان تنخفض بوجود زيادة من ايونات مشتركة لهذه المادة في المحلول وبالتالي التحكم بعملية ذوبان الراسب.***

خطوات حل مسائل الايون المشترك الخاصة بالذوبانية. (الطريقة المباشرة)

١- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان ونجد له الذوبانية في الماء النقي (او محلوله المشبع)بالطرق الاعتيادية.

٢- في الخطوة الثانية نكتب معادلة تفكك الالكتروليت القوي و تفككه سيكون تام من خطوة واحدة وتحت معادلته نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف لكن نفرض هنا للذوبانية رمزY او `S لاحظ المخطط ادناه.

$$AB \rightleftharpoons A + B \quad \text{الالكتروليت القوي}$$
$$\quad Y \qquad Y \qquad Y$$
$$CB \longrightarrow A + B \quad \text{الملح شحيح الذوبان}$$
$$\quad M \qquad M \qquad M$$

يهمل

$$Ksp = Y(M + Y) \longrightarrow Y = \frac{Ksp}{M}$$

نلاحظ دائما ان الذوبانية قد قلت لذا نعمل نسبة بين مقدار الذوبانية في الحالة الاولى والحالة الثانية ونكتب هذه العبارة ان الذوبانية قد قلت بوجود الايون المشترك بمقدار الرقم الذي ظهر من النسبة

مثال(15-3) ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $Ksp = 1.57 X 10^{-9}$

أ) في الماء النقي ب) في محلول KIO_3 تركيز 0.02M ؟ ثم ناقش النتائج

علما ان $\sqrt[3]{0.3925}$ =0.73

الحـــــــــــل / أ) في الماء النقي

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$
$$S \qquad S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2 = S X (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 X 10^{-9}}{4} = 0.3925 X 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.73 X 10^{-3} = 7.3 X 10^{-4} M$$ الذوبانية في الماء النقي

ب) في محلول KIO_3 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$
$$Y \qquad Y \qquad 2Y$$
$$KIO_3 \longrightarrow K^+ + IO_3^-$$
$$0.02 \qquad 0.02 \qquad 0.02$$

$$K_{SP} = (Y)(0.02 + 2Y)^2$$

يهمل

$$Y = \frac{K_{sp}}{(0.02)^2} = \frac{1.57 X 10^{-9}}{4 X 10^{-4}} \frac{15.7 X 10^{-10}}{4 X 10^{-4}} = 3.9 X 10^{-6} M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

نلاحظ ذوبانية يودات الباريوم قد انخفضت بوجود الايون المشترك

سؤال (10-3) ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علما ان $K_{sp} = 1.6 X 10^{-10}$ وما ذوبانيته بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه علما ان $\sqrt{1.6} = 1.26$

الحـــــــــــل / أ) في المحلول المائي المشبع

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$S \qquad\qquad S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] = (S) X (S) = S^2$$

$$S^2 = 1.6 X 10^{-10}$$

$S = 1.26 X 10^{-5} M$ الذوبانية في المحلول المائي المشبع

ب) في محلول H_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.
نجد اولا تركيز الحامض بعد الاضافة.

$V_{(ml)}$ المحلول المائي $= 1L X 1000 ml/L = 1000 ml$

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$10 M X 1ml = M_2 X 1000 ml$$

$$M_2 = \frac{10 M X 1 ml}{1000 ml} = 0.01 M$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+} + SO_4^{-2}$$

$$Y \qquad\qquad Y \qquad Y$$

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

$$0.01 \qquad\qquad 0.02 \qquad 0.01$$

$K_{SP} = (Y)(0.01 + \underline{Y}) =$ (Y يهمل)

$$Y = \frac{KsP}{(0.01)} = \frac{1.6 X 10^{-10}}{0.01} = 1.6 X 10^{-8} M$$

نلاحظ ان الذوبانية قلت بوجود الايون المشترك

سؤال(3-12)أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لملح كبريتات الفضةAg_2SO_4 أ) في الماء النقي ب) 0.15M كبريتات البوتاسيومK_2SO_4 P_{KSP}=4.92 (M= 314 g/mol)

علما ان (Log 1.2 = 0.08) ($\sqrt[3]{3}$=1.42) ($\sqrt[2]{0.2}$=0.44).

الحـــــــــــل / أ) في الماء النقي

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$

$$S \qquad 2S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4^{-2}] = (2S)^2 \times (S) = 4S^3$$

$$K_{sp} = 10^{-PKsp}$$

$$K_{sp} = 10^{-4.92 + 5 - 5}$$

$$K_{sp} = 10^{0.08 - 5}$$

$$K_{sp} = 10^{0.08} \times 10^{-5}$$

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{4} = \frac{12 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-6}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 1.42 \times 10^{-2} = 0.0142 \text{ M}$$ الذو بانية في الماء النقي

ولحساب الذوبانية بوحدات g/L نستخدم هذه العلاقة

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

$$S(g/L) = 0.0142 \times mol/L \times 314 g/mol = 4.46 g/L$$

ب) في محلول K_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-}$$

$$Y \qquad 2Y \qquad Y$$

$$K_2SO_4 \rightarrow 2K^+ + SO_4^{-2}$$

$$0.15 \qquad 0.30 \qquad 0.15$$

$$K_{SP} = (2Y)^2 (0.15 + \underline{Y}) = 4Y^2 \times 0.15 = 0.6 Y^2$$

يهمل

$$Y^2 = \frac{KsP}{(0.6)} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.6} = 2 \times 10^{-5} = 0.2 \times 10^{-4}$$ بالجذر التربيعي

$$Y = 0.44 \times 10^{-2} = 4.4 \times 10^{-3} \text{ M}$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

$$S(g/L) = 4.4 \times 10^{-3} mol/L \times 314 g/mol = 1.38 g/L$$

(تمرين 3-17) قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح MgF_2 = 6.5×10^{-9}

أ) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي.

ب) احسب الذوبانية في محلول NaF القوي بتركيز 0.1M ؛ ثم قارن بين النتيجتين.

واجب / للفائدة ($\sqrt[3]{1.625}=1.18$) (الاجوبة) في الماء النقي $S= 1.18 \times 10^{-3}$ M في الايون المشترك $Y= 6.5 \times 10^{-7}$ M

الحـــــــــل/

٣ـ **تأثير الأس الهيدروجيني** : تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز H^+ ومن اهم تلك المواد التي يشكل ايون الهيدروكسيد أحد مكوناته مثل هيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ او هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ حيث تتغير مقدار ذوبانية هذه المواد مع تغير قيم PH للمحلول.

لاحظ مثلا هذه المعادلة $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$

عند اضافة حامض لهذا المحلول المشبع يؤدي الى أتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- لتكوين جزيئات الماء وهذا يؤدي الى اختلال في عملية التوازن ولتعويض النقص الحاصل في ايونات OH^- تتفكك المزيد من جزيئات المركب(اي زيادة في الذوبانية) اما عند اضافة قاعدة تقل الذوبانية.

ملاحظات حسابية لحل مسائل تأثير الاس الهيدروجيني

حينا نرى في السؤال ملح يحوي جزيئات OH وايضا يعطي في السؤال قيمة PH او POHوقيمة KSP ويطلب الذوبانية في السؤال فهذا يعني انه تأثير اس هيدروجيني. وخطوات حل السؤال تكون كالاتي

١- من قيم PH او POH نستخرج تركيز $[OH^-]$.

٢- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان بالصورة الاتية

$$X(OH)_2 \rightleftharpoons X + 2OH^-$$

٣- سيعطى بالسؤال قيمة Ksp او PKsp نحولها ونطبق القانون

$$KSp= [x][OH]^2$$

$$KSp= [s][\text{القيمة المستخرجة}]^2$$

$$S = \frac{KsP}{(\text{القيمة المستخرجة})^2} = \text{الذوبانية المطلوبة}$$

٤- اذا كان المركب XOH نفس الخطوات لكن بدون تربيع.

مثال (16-3) أحسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنسيوم $Ksp= 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبت حموضته عند $PH= 10.5$ علما أن $Log\ 3.16 = 0.5$ ؟

الحـــــل / نحسب تركيز $[H^+]$ من تركيز PH

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5 +11 -11}$$
$$[H^+] = 10^{+0.5 -11}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5} \times 10^{-11}$$
$$[H^+] = 3.16 \times 10^{-11}\ M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \longrightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.16 \times 10^{-11}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{3.16 \times 10^{-11}} = 3.16 \times 10^{-4}\ M$$

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$
$$S \qquad\qquad S \qquad 3.16 \times 10^{-4}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.8 \times 10^{-11} = (S)(3.16 \times 10^{-4})^2$$

$$S= \frac{1.8 \times 10^{-11}}{(3.16 \times 10^{-4})^2} = \frac{18 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-8}} = 1.8 \times 10^{-4}\ M$$ ذوبانية هيدروكسيد المغنسيوم

تمرين (3-18) أحسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ في محلول ثبتت حامضيته عند
أ) $PH = 6$ ب) $PH = 9$ ثم ناقش النتائج علما ان $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$

الحـــــــل/

أ) عند $PH = 6$ نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

رحلة التفوق في السادس
عطاء بلا حدود
A .M. Z

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-6}$$
$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8} M$$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$S \qquad S \qquad 1 \times 10^{-8}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-8})^2$$
$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-8})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1} M$$ ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند PH = 6

ب) عند $PH = 9$ نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-9}$$
$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} M$$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$S \qquad S \qquad 1 \times 10^{-5}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-5})^2$$
$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-5})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7} M$$ ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند PH = 9

المناقشة عندما كان المحلول PH=6 ***كانت الذوبانية*** 1.2×10^{-1} ***ولكن عندما اصبحت*** PH =9 ***اصبح المحلول قاعدي فقلت الذوبانية بشكل كبير وبعمل مقارنة نجد ان الذوبانية عند*** PH =6 ***أكبر بمليون مرة من*** PH=9 .

أسئلة الفصل الخاصة بالذوبانية

سؤال(4-3) ما عدد مليغرامات يودات الباريوم($M= 487 g/mol$) و $Ksp(1.57 \times 10^{-9})$ التي يمكن ان تذوب في 150ml الماء النقي.

الحـــــــل

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$
$$S \qquad S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2 = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 \, X \, 10^{-9}}{4} = 0.3925 \text{ X } 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.732 \text{ X } 10^{-3} = 7.3 \text{ X } 10^{-4} \text{ M}$$ الذوبانية في الماء النقي

نحسب m من العلاقة التالية ($m = (M(mol/L) \text{ X } M(g/mol) \text{ X } V(L)$ وعليه

$$m = 7.32 \text{ X } 10^{-4} mol/L \text{ X } 487 g/mol \text{ X } 0.15(L) = 0.0534 \text{ g}$$

$$m(mg) = 0.0534 \text{ X } 1000 = 53.4 \text{ mg}$$

سؤال(13-3) ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 ($M= 332 g/mol$) التي يمكن ان تذوب في 100ml من الماء المقطر علما ان $Ksp= 1.1 \text{ X } 10^{-12}$

$$\sqrt[3]{0.275} = 0.65$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$
$$2S \qquad S$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$$

$$1.1 \text{ X } 10^{-12} = (2S)^2 \text{ X } S = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{1.1 \, X \, 10^{-12}}{4} = 0.275 \text{ X } 10^{-12}$$ نأخذ الجذر التكعيبي

$$S = 0.65 \text{ X } 10^{-4} = 6.5 \text{ X } 10^{-5} \text{ M}$$

نحسب m من العلاقة التالية ($m = (M(mol/L) \text{ X } M(g/mol) \text{ X } V(L)$ وعليه

$$m = 6.5 \text{ X } 10^{-5} mol/L \text{ X } 332 g/mol \text{ X } 0.1(L) = 0.00216 = 2.16 \text{ X } 10^{-3} \text{ g}$$

سؤال(14-3) ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم القوي يساوي 0.1M اذا علمت ان $Ksp(BaCrO4) = 1.2 \text{ X } 10^{-10}$

الحـــــــل/ نطبق علاقة الايون المشترك مباشرة

$$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$$
$$S \qquad S \qquad S$$

$$BaCl_2 \rightarrow Ba^{+2} + 2Cl^-$$
$$0.1 \qquad 0.1 \qquad 0.2$$

$$K_{sp} = (0.1 + S)(S)$$
يهمل

ملاحظة طبقنا علاقة الملح مع الايون المشترك مباشرة لأنه لم يذكر أحسب الذوبانية في الماء المقطر وايضا استخدمنا الرمز S بدل من الرمز Y .

$$S = \frac{Ksp}{0.1} = \frac{1.2 \, X \, 10^{-10}}{0.1} = 1.2 \text{ X } 10^{-9} \text{ mol/L}$$

سؤال(6-3) ذوبانية AgCl في محلوله المائي المشبع = 1.34×10^{-5} جد

١ـ ذوبانيته في 0.1M من $CaCl_2$

٢ـ هل يترسب AgCl في محلول يحتوي ايونات Ag^+ و Cl^- كلا منهما بتركيز 1×10^{-6} ولماذا

الحـــــــــــــل

١/ ـ نجد قيمة Ksp من قيمة الذوبانية المعلومة

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$
$$\quad\quad S \quad\quad S$$

$$Ksp = [Ag^+][Cl^-]$$
$$Ksp = [1.34 \times 10^{-5}][1.34 \times 10^{-5}]$$
$$Ksp = 1.8 \times 10^{-10}$$

الان نجد الذوبانية في محلول من 0.1M من $CaCl_2$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$
$$\quad\quad Y \quad\quad Y$$
$$CaCl_2 \rightarrow Ca^{+2} + 2Cl^-$$
$$0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.2$$

$$Ksp = [Ag^+][Cl^-]$$
$$1.8 \times 10^{-10} = [Y][Y + 0.2]$$

يهمل

$$Y = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{0.2} = 9 \times 10^{-10}$$

٢)

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$
$$1 \times 10^{-6} \quad 1 \times 10^{-6}$$

الحاصل الايوني = $[Ag^+][Cl^-]$

الحاصل الايوني = $1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}$

الحاصل الايوني = 1×10^{-12}

الحاصل الايوني > من KsP لايحصل ترسيب

سؤال(16-3) لترمن محلول يحتوي 0.01M على ايونات Sr^{+2} و ايونات Ba^{+2} عند اضافة كمية من Na_2SO_4 ايهما سيترسب اولا $BaSO_4$ ام $SrSO_4$ ولماذا علما ان $K_{sp}BaSO_4 = 1.6 \times 10^{-10}$ ، $K_{sp}SrSO_4 = 3.8 \times 10^{-7}$ عند 25C°

الحـــــل/

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$\qquad\quad 0.01 \qquad 0.01$$

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^{+} + SO4^{-2}$$

$$\qquad\quad 2Y \qquad Y$$

$$Ksp = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$1.6 \times 10^{-10} = 0.01 \times (0.01 + Y)$$

يهمل

$$Y = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-2}} = 1.6 \times 10^{-8}$$

$$SrSO_4 \rightleftharpoons Sr^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$\qquad\quad 0.01 \qquad 0.01$$

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^{+} + SO4^{-2}$$

$$\qquad\quad 2Y \qquad Y$$

$$Ksp = [Sr^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$3.8 \times 10^{-7} = 0.01 \times (0.01+Y)$$

يهمل

$$Y = \frac{3.8 \times 10^{-7}}{1 \times 10^{-2}} = 3.8 \times 10^{-5}$$

$BaSO_4$ سيترسب اولا لان ذوبانيته اقل من من ذوبانية SrO_4

معلومة مهمة جدا

في هكذا نوع من المسائل حينما يطلب ايهما يترسب اولا يجب إيجاد ذوبانية كل مادة شحيحة الذوبان على حدة والذي يكون اقل ذوبانية هو من يترسب اولا.

للفائدة ايضا لاحظ ان رغم قيمة الذوبانية في المادة شحيحة الذوبان معلومة لكن مع هذا تم اهمالها في معادلة الايون المشترك هذا يعني انها معلومة او غير معلومة تهمل

سؤال(3-20) الذوبانية المولارية لـ $Pb(IO_3)_2$ في محلول 0.1M من $NaIO_3$ تساوي 2.4×10^{-11} احسب الذوبانية المولارية ل $Pb(IO_3)_2$ في محلول مائي مشبع.

$$Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2IO_3^-$$
$$Y \quad\quad Y \quad\quad 2Y$$
$$NaIO_3 \rightleftharpoons Na^+ + IO_3^-$$
$$0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.1$$

للفائدة
$\sqrt[3]{60} = 3.9$

$$Ksp = [Pb^{+2}][IO_3^-]^2$$
$$Ksp = [Y]\ [2Y + 0.1]^2$$

تهمل

$Y = 2.4 \times 10^{-11}$ (معطى)

$$Ksp = [2.4 \times 10^{-11}]\ [0.1]^2 = 2.4 \times 10^{-13}$$

$$Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2IO_3^-$$
$$S \quad\quad S \quad\quad 2S$$

$$Ksp = [Pb^{+2}][IO_3^-]^2$$
$$Ksp = [S]\ [2S]^2$$
$$Ksp = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{Ksp}{4}$$
$$S^3 = \frac{2.4 \times 10^{-13}}{4}$$
$$S^3 = \frac{24 \times 10^{-14}}{4}$$
$$S^3 = 6 \times 10^{-14}$$
$$S^3 = 60 \times 10^{-15}$$
$$S = 3.9 \times 10^{-5}\ M$$

سؤال(3-21) الاس الهيدروجيني لمحلول مشبع من $Fe(OH)_3$ يساوي 9.5 احسب ذوبانيته في محلول له ثبت حامضيته عند PH= 10 اعتبر Log3 = 0.5

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - 9.5 = 4.5$$
$$OH = 10^{-4.5+5-5}$$
$$OH = 10^{0.5} \times 10^{-5}$$
$$OH = 3 \times 10^{-5} M = 3S$$
$$S = \frac{3 X 10^{-5}}{3} = 1 X 10^{-5}$$
$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$
$$1 \times 10^{-5} \qquad 3 \times 10^{-5}$$
$$K_{sp} = [1 \times 10^{-5}][3 \times 10^{-5}]^3 = \underline{27 \times 10^{-20}}$$

الان نجد الذوبانية عند PH= 10

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - 10 = 4$$
$$[OH^-] = 10^{-POH}$$
$$[OH^+] = 10^{-4}$$

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$
$$S \qquad 10^{-4}$$
$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^3$$
$$27 X 10^{-20} = (S)(1 X 10^{-4})^3$$
$$S = \frac{4 X 10^{-20}}{(1 X 10^{-4})^3} = \frac{27 X 10^{-20}}{1 X 10^{-12}} = 27 \times 10^{-8} M$$

حل اسئلة الفصل الثالث

السؤال الاول اختر الاجابة الصحيحة مع بيان السبب بوضوح

١- $PH = 7$ لاحد المحاليل الاتية

أ- NH_4NO_3 ب- $NaNO_2$ **جـ- $NaNO_3$**

الجواب الصحيح $NaNO_3$ لان ملح متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية لذلك ليس لايوناته الموجبة او السالبة التفاعل بشكل محلوظ مع جزئيات الماء.

٢- مقدار التغير في PH يكون كبير جدا عند اضافة HCl بتركيز عالي الى لتر من

أ- الماء المقطر ب- ماء البحر جـ- محلول قاعدي

الجواب الصحيح / الماء المقطر والسبب بسبب تفككك HCl التام في الماء النقي ولانه سيكون حرا مما يؤدي الى حدوث انخفاض كبير في PH الماء

٣- احد المحاليل الاتية تصل الى حالة اتزان عند التأين

أ- H_2SO_4 **ب – CH_3NH_2** ج – KOH

الجواب الصحيح / CH_3NH_2 والسبب لانه الكتروليت ضعيف لا تتأين بشكل تام

باقي الاسئلة كلها محلولة مع المواضيع الخاصة بها

تمت بعونه تعالى

للمزيد من الملازم والدروس وكل ما يخص طلبة السادس الأعدادي زورونا على مواقع التواصل الأجتماعي ...

رحلة التفوق في السادس

رحلة التفوق في السادس

telegram.me/A_M_Z_F

رحلة التفوق في السادس

www.instagram.com/rhlt_altafawk

رحلة التفوق في السادس

عطاء بلا حدود

أ.د مينا الأحمد

أ.د اشرف الوائلي